

Ing. Administrativa

Ing. Electrónica

Ing. Mecatrónica

Ing. Química

SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



Ciencia - Técnica - Cultura

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba

CIM

2015

Coloquio de Investigación Multidisciplinaria

Revista

ISSN: 2007-8102

Vol. 3 No. 1 Octubre 2015

Ing. Industrial

Ing. Robótica

Ing. Sist. Computacionales

Inv. Educativa

REVISTA DE INVESTIGACIÓN

COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

VOLUMEN 3, NÚMERO 1, OCTUBRE 2015

ISSN: 2007-8102

DIRECTORIO

Ing. Rogelio García Camacho

Director del Instituto Tecnológico de Orizaba

M.I. Aracely Jiménez Mendoza

Subdirectora Académica

M.C. Gabriela Cabrera Zepeda

Subdirectora de Planeación y Vinculación

L.I. Rocío Teysser Fuentes De María

Subdirectora de Servicios Administrativos

M.C. María Elena García Reyes

Jefa de la División de Estudios de Posgrado e Investigación

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Fernando Ortiz Flores

Responsable General

M.C. María Elena García Reyes

Responsable de Logística

M.C. María Cristina Sánchez Romero

Ingeniería Administrativa

Dr. Cuauhtémoc Sánchez Ramírez

Ingeniería Industrial

Dr. José de Jesús Agustín Flores Cuautle

Ingeniería Electrónica

Dr. Oscar Osvaldo Sandoval González

Ingeniería Mecatrónica

M.S.C. Luis Ángel Reyes Hernández

Ingeniería en Sistemas Computacionales

Dra. Leticia López Zamora

Ingeniería Química

M.C. Elvia Osorio Barradas

Investigación Educativa

COORDINACIÓN EDITORIAL

M.C. Ma. Antonieta Abud Figueroa

REVISTA DE INVESTIGACIÓN

COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

VOLUMEN 3, NÚMERO 1, OCTUBRE 2015

ISSN: 2007-8102

© D.R. Instituto Tecnológico de Orizaba
Av. Oriente 9 No. 852
C.P. 94320
Orizaba, Veracruz México
<http://www.itorizaba.edu.mx>

Coloquio de Investigación Multidisciplinaria, Vol. 3, Núm. 1, octubre 2015, es una publicación anual del Tecnológico Nacional de México de la Secretaría de Educación Pública editada a través del Instituto Tecnológico de Orizaba por la División de Estudios de Posgrado e Investigación, oriente 9, No. 852, Col. Emiliano Zapata, Orizaba Veracruz, México, C.P. 94320, Tel. 012727257056. Reserva de derecho al Uso Exclusivo NO. 04 - 2013 - 093010380600 – 203, otorgada por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, e ISSN 2007-8102.

Responsable de la última actualización de este número en la División de Estudios de Posgrado e Investigación, M.C. Ma. Antonieta Abud Figueroa, oriente 9, No. 852, Col. Emiliano Zapata, Orizaba Veracruz, México, C.P. 94320, Tel. 012727257056. Fecha de creación de revista 25 de octubre de 2013.

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

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

COMITÉ DE ARBITRAJE

INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

Dra. Laura Romo Rojas
Dr. Roberto González Acolt
Dr. Felipe de Jesús Salvador Leal Medina
M.C. Guillermina Pérez González

Dra. Edna A. Romero Flores
Dr. Ángel Machorro Rodríguez
M.C. Víctor Ricardo Castillo Intriago
M.A.E. Fernando Aguirre y Hernández
M.C. Marcos Salazar Medina
M.A.E. Maricela Gallardo Córdova
M.C. Ma. Cristina Sánchez Romero
M.A.D Antonio Ramírez Zepeda
M.C. Modesto Raygoza Bello

Universidad Autónoma de Aguascalientes
Universidad Autónoma de Aguascalientes
Universidad Autónoma de Aguascalientes
Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán
Consultora de área de producción INADE
Instituto Tecnológico de Orizaba
Instituto Tecnológico de Orizaba
Instituto Tecnológico de Orizaba
Instituto Tecnológico de Orizaba
Instituto Tecnológico de Orizaba
Instituto Tecnológico de Orizaba
Instituto Tecnológico de Orizaba
Instituto Tecnológico de Orizaba
Instituto Tecnológico de Orizaba

INGENIERÍA INDUSTRIAL

Dr. Erwin Adán Martínez Gómez
Dr. Lázaro Rico Pérez
Dr. Roberto Romero López
Dr. Gregorio Fernández Lambert
Dr. Fernando Ortíz Flores
Dr. Mario Arriola Rodríguez
Dr. Carlos Díaz Ramos
Dr. Alberto Alfonso Aguilar Lasserre
Dr. Cuauhtémoc Sánchez Ramírez
Dr. Guillermo Cortés Robles
M.C. Constantino Moras Sánchez
M.C. Magno Ángel González Huerta

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Instituto Tecnológico Superior de Misantla
Instituto Tecnológico de Orizaba
Instituto Tecnológico de Orizaba
Instituto Tecnológico de Orizaba
Instituto Tecnológico de Orizaba
Instituto Tecnológico de Orizaba
Instituto Tecnológico de Orizaba
Instituto Tecnológico de Orizaba
Instituto Tecnológico de Orizaba
Instituto Tecnológico de Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Dr. Gustavo Adolfo Alonso Silverio

Dr. Mario I. Gutiérrez

M. en C. Gemima Lara Hernández

Dra. Citlalli J. Trujillo Romero

M. en C. Héctor Reyes Cruz

M. en C. Nayda Patricia Arias Duque

M. en C. Juan Augusto Valdez

Dr. Carlos Omar González Morán

Laboratorio de Tecnologías de Cómputo y Electrónica
Universidad Autónoma de Guerrero

Investigador Catedrático CONACYT
Subdirección de Investigación Tecnológica
Instituto Nacional de Rehabilitación

Departamento de Física / Departamento de Ingeniería
Eléctrica

CINVESTAV

Investigador en Ciencias Médicas
Instituto Nacional de Rehabilitación (INR)

Departamento de Ingeniería Eléctrica

CINVESTAV

Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales,
Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y
Computación

Universidad Politécnica de Pachuca

Centro Universitario UAEM Valle de México

INGENIERÍA MECATRÓNICA

Dr. Paolo Tripicchio

Dr. Juan Manuel Jacinto Villegas

Dr. Otniel Portillo Rodríguez

Juan Carlos Ávila Vilchis

Adriana Vilchis González

Dr. Albino Martínez Sibaja

Dr. Ignacio Herrera Aguilar

Dr. Gerardo Águila Rodríguez

Dr. Oscar Osvaldo Sandoval González

Dr. José de Jesús Agustín Flores Cuahtle

Dr. Rubén Posada Gómez

M.C. Blanca Estela González Sánchez

Scuola Superiore Sant'Anna

Scuola Superiore Sant'Anna

Universidad Autónoma del Estado de México

Universidad Autónoma del Estado de México

Universidad Autónoma del Estado de México

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE

SISTEMAS COMPUTACIONALES

Dra. Karen Cortés V.

Dra. Adriana Peña Pérez Negrón

Dr. Joaquín Sergio Zepeda Hernández

Dr. Asdrubal López Chau

Dr. Giner Alor Hernández

Dr. Ulises Juárez Martínez

M.C. Ma. Antonieta Abud Figueroa

Dr. Hilarión Muñoz Contreras

M.C. Gustavo Peláez Camarena

M.C.E. Beatriz Alejandra Olivares Zepahua

M.R.T. Ignacio López Martínez

M.C. Celia Romero Torres

Dr. José Luis Sánchez Cervantes

Dra. Lisbeth Rodríguez Mazahua

M.S.C. Luis Ángel Reyes Hernández

Universidad Veracruzana

Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías

Universidad de Guadalajara

Universidad Autónoma Metropolitana

Universidad Autónoma del Estado de México

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

INGENIERÍA QUIMICA

Dr. José Manuel Tejero Andrade

Dr. Alejandro Alvarado L

MIQ Norma A. Vallejo Cantú

Dr. Galo R. Urrea

Dra. Rosalía Cerecero E.

Dra. Guadalupe Luna S.

Dr. Denis Cantú Lozano

Dra. Yolanda S. Pliego

Dr. Juan Manuel Méndez C.

Dra. Leticia López Zamora

Dr. Eusebio Bolaños Reynoso

Instituto Tecnológico de Veracruz

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE

INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

Dr. Juan Carlos Valdés Godínez

M.C Martha Estrada Sánchez

M.C. Karla Torres Ramírez

M.C Ivette Esperanza Corzas García

M.C. Hanniel Méndez Jiménez

M.C.E.C. Elvia Osorio Barradas

Dra. Martha Fernández Ramírez

Dra. Elda Rosario Ruíz

M.C Julia María Muñoz Lara

M.C. Thelma Leonor Estévez Dorantes

CIIDET

Instituto Tecnológico de Tlanepantla

Universidad Justo Sierra

Universidad Justo Sierra

Universidad Justo Sierra

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

Instituto Tecnológico de Orizaba

MENSAJE EDITORIAL

Con los retos actuales de la ciencia y tecnología se prevén avances sobre nuevos materiales, computadoras potentes e inteligentes, empresas de conocimiento, energías renovables, tratamiento de enfermedades incurables, alimentos inagotables, entre otros. Se afirma que en los próximos 15 ó 20 años se verán algunos adelantos que al igual que Internet para la generación actual, revolucionará ámbitos como la salud, el hambre y la catástrofe ecológica.

Como ya es tradición el Coloquio de Investigación Multidisciplinaria, CIM 2015, se convierte en un eje rector de la docencia y la investigación en las diversas disciplinas. En esta ocasión nuestros invitados son el Dr. Franco Tecchia, de la Scuola Superiore Sant'anna, Italia y el Dr. Silvio Silverio Da Silva de la Universidad de Sao Paulo-USP, Escola de Engenharia de Lorena, Brasil, quienes aportarán sus conocimientos sobre la realidad virtual en el sector salud, industrial, investigación y arte, así como de la biotecnología industrial y desarrollo de productos sustentables, respectivamente, en 3 sesiones de trabajo y 2 pláticas plenarias.

Se continúa con la colaboración de investigadores para que la revisión de artículos sean avalados por un comité de arbitraje los cuales representan a instituciones de reconocido prestigio nacional e internacional, los cuales de manera conjunta han contribuido en la selección de los trabajos que se exponen y que forman parte de las memorias de este evento. Los investigadores que conformaron este comité de arbitraje proceden de instituciones como:

- Scuola Superiore Sant'Anna, Italia
- Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales
- Instituto Nacional de Rehabilitación
- CINVESTAV
- CIIDET
- Universidad Veracruzana
- Universidad de Guadalajara
- Universidad Justo Sierra
- Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)
- Universidad Autónoma de Aguascalientes
- Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
- Universidad Autónoma de Guerrero
- Universidad Autónoma del Estado de México
- Universidad Politécnica de Pachuca
- Centro Universitario UAEM Valle de México
- Instituto Tecnológico de México, Tlalnepantla
- Instituto Tecnológico Superior de Misantla
- Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán
- Instituto Tecnológico de Veracruz
- Instituto Tecnológico de Orizaba

Este año se recibieron más de 160 contribuciones de las cuales se presentan 133 ponencias orales en las áreas multidisciplinarias como son:

- Ingeniería Industrial: 12
- Ingeniería Química: 45
- Ingeniería Administrativa: 12
- Ingeniería en Sistemas Computacionales: 6
- Investigación Educativa: 30
- Ingeniería Electrónica: 20
- Ingeniería Mecatrónica: 8

Los investigadores participantes proceden de Instituciones Nacionales, entre Universidades Públicas y Privadas, Institutos Tecnológicos, Centros de Investigación y Empresas.

Nuevamente agradecemos su participación y confianza a quienes nos han acompañado en nuestras ediciones anuales del Coloquio y a los que participan por primera vez, les reiteramos nuestro compromiso de mejorar su calidad. Que su estancia en esta ciudad sea placentera.

Gracias

ÍNDICE GENERAL

Ingeniería Administrativa	1
Ingeniería Industrial	90
Ingeniería Electrónica	189
Ingeniería Mecatrónica	339
Sistemas Computacionales	402
Ingeniería Química	452
Investigación Educativa	774

INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

1	Detección de necesidades de capacitación empresarial: un estudio realizado por alumnos del ITSSPC.	2
	<i>Héctor Enrique Escobar Olguín, Rosa Elena Vielma Castillo, Nahum Arrieta Ruiz</i>	
2	Plan de negocios como herramienta educativa, didáctica y de contribución a la responsabilidad social.	10
	<i>Héctor Enrique Escobar Olguín, Rosa Elena Vielma Castillo, Nahum Arrieta Ruiz</i>	
3	Los recursos y su impacto en el desempeño económico en los talleres artesanales de Zacatecas.	18
	<i>Luis Ángel Correa García, Roberto González Acolt, María del Carmen Alcalá Álvarez.</i>	
4	Análisis del Rendimiento del IPC Sustentable en México como Estrategia de Inversión.	26
	<i>Brenda Isabel Pérez Méndez, Felipe de Jesús Salvador Leal Medina, Roberto González Acolt, Laura Romo Rojas, Miguel Ángel Soto Zamora</i>	
5	Aspectos ambientales en los procesos de innovación de las empresas manufactureras en México centro norte.	32
	<i>Camila Aidé Rodríguez Cedillo, Roberto González Acolt, Felipe de Jesús Salvador Leal Medina</i>	
6	Implicación económica de la privatización de pensiones en sustitución del modelo público, coordinado por más de medio siglo por el IMSS.	39
	<i>Manuel Rodríguez Cabiedes</i>	
7	Indicadores tradicionales de valuación de empresas y el Valor económico agregado, estudio comparativo.	47
	<i>Mónica Isabel López Aguilera, Margarita Espinosa Arreola, Gloria Campos Hinojosa, Citlali Ruiz Porras.</i>	
8	Análisis de la validez y consistencia interna del MBI-GS en una muestra multiocupacional.	52
	<i>Margarita Dávila Hernández</i>	
9	Análisis de la utilización de la mercadotecnia en las empresas de manufactura en alimentos del municipio de Tehuacán, Puebla.	60
	<i>María Elena Heredia Mendoza, Armando Heredia González, Ramón Matías López, Miriam Silvia López Vigil, Héctor Santos Alvarado</i>	
10	¿Qué buscan las empresas locales de los Ingenieros del ITSSPC? Diagnóstico de oportunidades laborales.	67
	<i>Héctor Enrique Escobar Olguín, Rosa Elena Vielma Castillo, Nahum Arrieta Ruiz,</i>	
11	La administración orientada a la atención al cliente en una empresa educativa del sistema abierto.	74
	<i>Javier Martín García Mejía, Jonathan Cuallo Hernández, Ivonne Arlette Guillén Rendón, Héctor Santos Alvarado</i>	
12	Capacidades gerenciales y su impacto en la competitividad de las PYMES de Hermosillo, Sonora.	82
	<i>Martha Estela Díaz Muro, Martha Cecilia Terán Contreras, Gil Arturo Quijano Vega, Myrna Myriam Cervantes Encinas, Leticia Carolina Castro Avalos</i>	

DetECCIÓN DE NECESIDADES DE CAPACITACIÓN EMPRESARIAL: UN ESTUDIO REALIZADO POR ALUMNOS DEL ITSSPC.

H. E. Escobar Olguín¹, R.E. Vielma Castillo¹, N. Arrieta Ruiz²

¹ Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias, Del Tecnológico 53, Colonia del Tecnológico, C.P. 27800, San Pedro de las Colonias, Coahuila, México.

² Departamento de Ingeniería Logística, Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias, C.P. 27800, San Pedro de las Colonias, Coahuila, México.

hector.escobar@tecsanpedro.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen

La capacitación constante es uno de los retos a los que se enfrentan las empresas, y sus necesidades en ese ámbito se ven determinadas por su impacto en el proceder de sus empleados y como resultado, pueden observarse cambios en la productividad de dichas industrias. Para dar cumplimiento a este indicador, el Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias (ITSSPC), propone a un grupo de alumnos de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial para la realización de un estudio de necesidades de capacitación como una etapa del proceso de gestión del capital humano. Las competencias empleadas por los alumnos del ITSSPC son ejemplo de la educación basada en la experiencia; lo vivencial y la observación de las dificultades en las distintas áreas de la empresa les ofrecen una perspectiva más amplia de la realidad laboral, acercando al estudiante hacia las necesidades del entorno empresarial.

Palabras clave: capacitación, aprendizaje, realidad laboral.

Abstract

Constant training is one of the biggest challenges faced by many companies nowadays, their needs in the areas are determined by the impact on the behavior of its employees and as a result, changes can be observed in the productivity of those industries. To comply with this indicator, Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias (ITSSPC), proposed a group of students from the Engineering career in business management for an thorough investigation in the company, of "acknowledgement in need of training for personnel", this as a step in their process of human capital management. The skills employed by the students of the ITSSPC are example of education based on experience; the experiential and the observation of the difficulties in the distinct areas of the company offered to a wider perspective of the real day to day work, inclining the student towards the needs of the business environment.

Keywords: training, learning, laboral situation.

Introducción

La capacitación constante es uno de los retos a los que se enfrentan las empresas, y sus necesidades en ese ámbito se ven determinadas por su impacto en el proceder de sus empleados y como resultado, pueden observarse cambios en la productividad de dichas industrias.

El indicador de capacitación debe ser atendido para el cumplimiento de los requisitos de eficiencia en el trabajo y como una forma continua de aprendizaje en busca del desarrollo de los empleados, que se verá traducido en desarrollo de la empresa que lo promueve.

El objetivo principal de la capacitación es mejorar la eficiencia de los trabajadores para que éstos aporten el incremento necesario y de esa manera se alcancen índices altos de productividad (Morero, 2014).

Para dar cumplimiento a este indicador, el Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias (ITSSPC), propone a un grupo de alumnos de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial para la realización de un estudio de necesidades de capacitación como una etapa del proceso de gestión del capital humano.

Robbins y Coulter (2005), mencionan que la capacitación de empleados se puede proporcionar en formas tradicionales, incluyendo la capacitación en el trabajo, la enseñanza y el adiestramiento, los ejercicios de experiencia, los cuadernos de ejercicios y manuales, o las conferencias en el salón. La capacitación no debe verse simplemente como una obligación que hay que cumplir porque lo manda la ley. La capacitación es una inversión que trae beneficios a la persona y a la empresa. Según el portal *Emprende Pyme* (2015) algunos beneficios que ofrece la capacitación a la empresa son:

- Ayuda a prevenir riesgos de trabajo.
- Produce actitudes más positivas.
- Aumenta la rentabilidad de la empresa.
- Eleva la moral del personal.
- Mejora el conocimiento de los diferentes puestos y, por lo tanto, el desempeño.
- Crea una mejor imagen de la empresa.
- Facilita que el personal se identifique con la empresa.
- Mejora la relación jefe-subordinados.
- Facilita la comprensión de las políticas de la empresa.
- Proporciona información sobre necesidades futuras de personal a todo nivel.
- Ayuda a solucionar problemas.
- Facilita la promoción de los empleados.
- Incrementa la productividad y calidad del trabajo.
- Promueve la comunicación en la organización.

Entre los beneficios que podemos hallar para los empleados en la capacitación están los siguientes:

- Ayuda a la persona a solucionar problemas y tomar decisiones.
- Favorece la confianza y desarrollo personal.
- Ayuda a la formación de líderes.
- Mejora las habilidades de comunicación y de manejo de conflictos.
- Aumenta el nivel de satisfacción con el puesto.
- Ayuda a lograr las metas individuales.
- Favorece un sentido de progreso en el trabajo y como persona.
- Disminuye temores de incompetencia o ignorancia.
- Favorece la promoción hacia puestos de mayor responsabilidad.
- Hacer sentir más útil al trabajador mediante la mejora del desempeño

Es por esto que se realiza un estudio en busca de la aplicación de conocimientos por parte del alumnado del ITSSPC de manera que su educación contribuya de manera significativa en un indicador empresarial como lo es la capacitación, y en este caso específico, en una empresa regional donde las habilidades y conocimientos son de gran importancia para la compañía donde se ha realizado este trabajo y que su ausencia le ha traído varios eventos desafortunados como:

- Daños graves en la calidad de las piezas que se realizan.
- Pérdidas económicas de gran relevancia.
- Altos índices de accidentes en los diferentes departamentos de la empresa y rotación de personal.

El plan de capacitación anual es muy importante debido a que la certificación en normas internacionales como ISO, es un requisito fundamental; además, el plan de capacitación sirve para el mejoramiento de la empresa, para la detección de necesidades de las áreas de oportunidad de los distintos departamentos. La contribución de esta actividad en el desarrollo de competencias se ve reflejada en la capacidad de los alumnos en la solución de problemas y aplicación de instrumentos en una situación de contexto real, lo que proporciona al alumno un aprendizaje significativo por la construcción del conocimiento de su parte y la guía del docente para la ejecución adecuada de lo planeado.

Metodología

Para la realización de este estudio se ha empleado la metodología sugerida por el autor Idalberto Chiavenato (2009), debido a la importancia de establecer un diagnóstico por medio de fases para su ejecución y poder así detonar proyectos para el cumplimiento de la capacitación. Las cuatro fases contempladas en el proceso de capacitación son:

Para Chiavenato (2009), existen cuatro etapas para llevar a cabo la capacitación:

1. El diagnóstico de necesidades.
2. El diseño del programa de capacitación.
3. La implantación.
4. La evaluación.

En este estudio se ha llevado la primera etapa que consiste en el diagnóstico de necesidades por medio de un instrumento de recolección de información que posteriormente se procedió a su análisis gráfico para visualizar los intereses de los empleados en el tipo de capacitación que sugieren. Cabe mencionar que dichos aspectos han sido de gran utilidad por el impacto que puede reflejarse en la productividad.

Reforzar las habilidades y conocimientos de los empleados de los distintos departamentos, será de gran impacto para la empresa y es por ello que se creará el plan de capacitación anual, iniciando en primera instancia con la primera etapa, la cual consiste en determinar las necesidades de las distintas áreas de la empresa, mediante un instrumento de recolección, en éste caso una encuesta, que se aplicó a un 63% del total de las áreas de la empresa. En los formatos para la detección de necesidades, se les pidió a los jefes de área, supervisores y operadores, que respondieran que habilidades quisieran reforzar o si conocían de algún curso o taller, lo nombraran.

A través de los gráficos generados se establecieron los puntos de observación por parte de los empleados, como oportunidades de capacitación para ser mostradas a la gerencia correspondiente de esta manera, ser tomadas en cuenta en fases posteriores que incluyen el fortalecimiento de las competencias del personal por medio del desarrollo de un programa de capacitación, resultado de este trabajo.

Resultados y discusión

Se planeó aplicar éste instrumento a toda la empresa, en sus 19 áreas, sin embargo, por recomendación de la gerencia, sólo se encuestó al 63% de los departamentos. Se consideraron dos cuestionamientos generales para el diagnóstico debido a los tiempos de los empleados para la obtención de la información.

- ¿Qué habilidades necesarias para su trabajo desea reforzar?
- ¿Conoce algún curso o taller para mejorar o desarrollar esa habilidad? (Favor de mencionarlo)

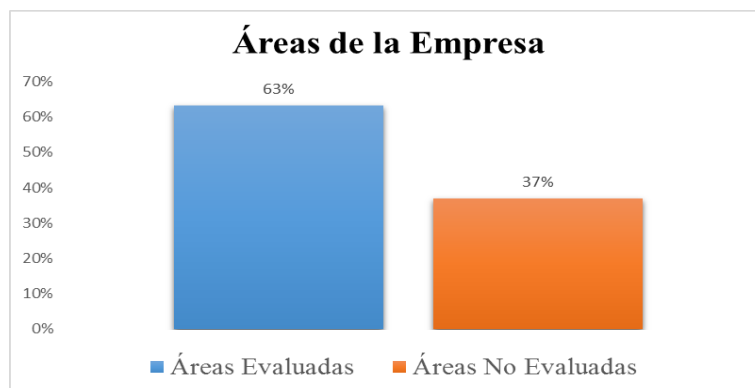


Figura 1. Áreas de la empresa evaluadas.

La aplicación del instrumento, busca dimensionar las necesidades de capacitación de la empresa a partir de información otorgada por sus empleados, situación que proporcionará un panorama según las diversas áreas y sus trabajadores, además de considerar el impacto de realizar este estudio en los estudiantes, y de esta manera contribuir significativamente a la mejora del indicador de capacitación que es un punto observable en el sistema de calidad de la empresa y que no ha sido atendido con mayor amplitud, como el que proporciona el estudio realizado por los estudiantes del ITSSPC.

En este sentido, de las áreas encuestadas, solo cierto porcentaje de empleados de cada una de ellas contestaron el instrumento de recolección, los motivos: falta de interés, resistencia al cambio, falta de credibilidad hacia la empresa.

Tabla 1. Áreas evaluadas, empleados por área, encuestados y porcentaje de encuestados para el estudio de necesidades de capacitación.

	Área evaluada	Empleados por área	Empleados encuestados	Porcentaje de encuestados
1	Limpieza intermedia	20	5	25%
2	Maquinado	19	9	47%
3	Metrología	5	4	80%
4	Soldadura	11	8	73%
5	Almacén	3	2	67%
6	Moldeo	42	11	26%
7	Seguridad e Higiene	5	1	20%
8	Vigilancia	5	1	20%
9	Acabado Final	24	1	4%
10	Fusión	14	13	93%
11	Modelos	5	3	60%
12	Tratamientos Térmicos	4	4	100%

Los empleados encuestados se observan en la siguiente gráfica y corresponden a la tabla mostrada de la cantidad de empleados que accedieron a responder el instrumento de recolección de datos.

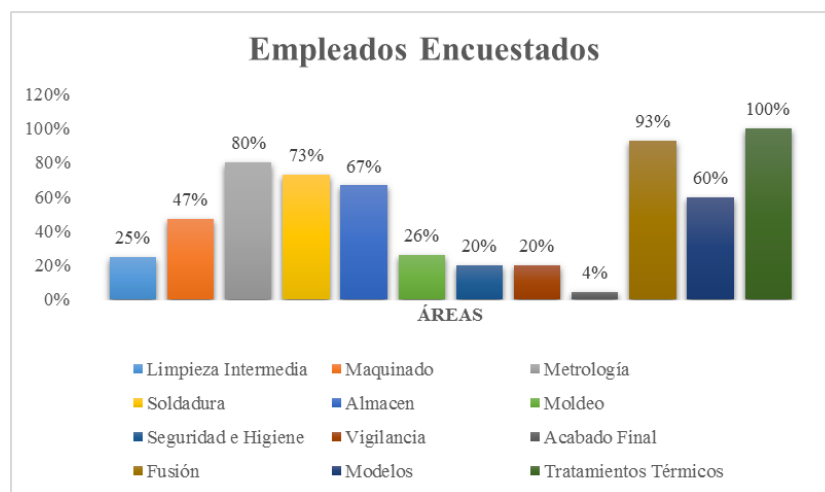


Figura 2. Porcentaje de empleados encuestados por área.

El desarrollo de las actividades de detección ha propiciado la observación de áreas de oportunidad de capacitación para los empleados, desde la óptica de mejorar la productividad; los argumentos bajo los cuales sustentan sus respuestas están encaminadas hacia la mejora en aspectos que consideran de relevancia la hora de verificar la calidad de su trabajo y también la seguridad.

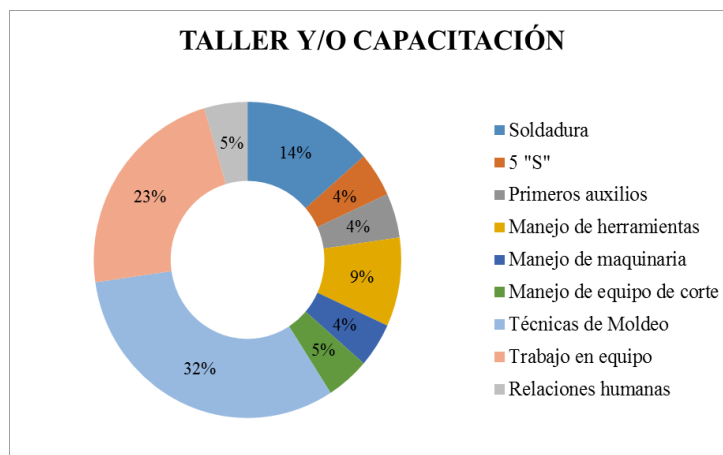


Figura 3. Porcentaje de áreas de capacitación - Modelado.

Un ejemplo claro es un área de trabajo denominada Moldeo, donde existen variaciones en la percepción de las capacitaciones que se han de tomar para mejorar en su trabajo. Los empleados mostraron la tendencia que se presenta en la figura 3, donde claramente se diferencia con un 32% la necesidad de capacitación en las técnicas de moldeo, seguido de un 23% para el trabajo en equipo y un 14% en Soldadura; los resultados mostrados constituyen una fuente de información que proporciona la necesidad de capacitación que percibe el empleado para mejorar su desempeño.

El grafico anterior (figura 3) muestra una tendencia de 5% para capacitación en relaciones humanas, y manejo de equipo de corte, mientras que un 4%, fue el porcentaje de mención para 5's, primeros auxilios, manejo de herramientas y manejo de maquinaria. Con esta información el área de moldeo tiene intereses variados en la capacitación, sin embargo se han de considerar como temáticas de propuesta para el programa de capacitación para esta área. El incremento del porcentaje de la capacitación de técnicas de moldeo y trabajo en equipo, muestra una percepción más general de los aprendizajes que el trabajador requiere para que su desempeño sea el óptimo, sin dejar de lado la posibilidad de incluir temas más especializados en su área y que son variados, pero con un grado de significancia que representa la atención como una necesidad en lo que a capacitación se refiere.

En el área de soldadura de esta empresa, el estudio arrojó resultados que muestran un 19% para la capacitación en los tipos de soldadura que se emplea, un 13% para seguridad y un 6% de forma individual para la mejora continua, pailería, relaciones humanas, entre otras. Esta representatividad muestra una tendencia hacia la especialización y que los alumnos lograron evidenciar a través de un gráfico donde se muestra lo mencionado, bajo el sustento que representa la voz del empleado como el principal impulsor de la demanda de capacitación, que ha de afianzarse con los objetivos gerenciales para la mejora de la productividad y desarrollo de los empleados y la empresa.

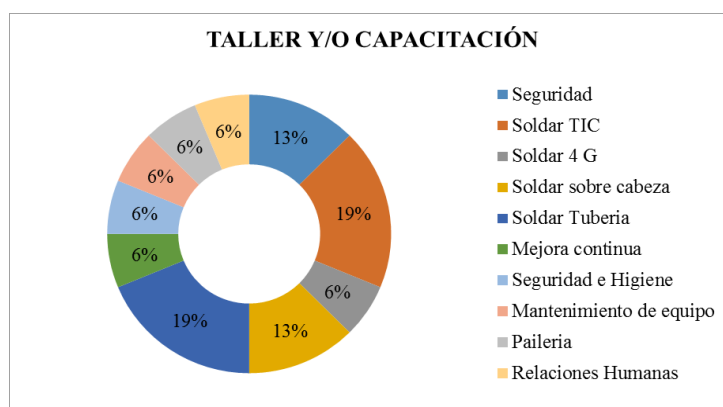


Figura 4. Porcentaje de áreas de capacitación - Soldadura.

Así como los anteriores resultados, se obtuvieron en cada una de las áreas en las que se aplicó el instrumento de recopilación de información con lo cual la gerencia administrativa de la empresa quedó sumamente satisfecha, al permitir que los resultados del estudio, sean tomados como base para las capacitaciones anuales; según la gerencia de la empresa, uno de los factores de logro importantes, es la renuencia a participar en encuestas para capacitación, y por medio de la intervención de los alumnos ha sido un éxito por el nivel de participación observado, así como la disposición mostrada y la apertura de los empleados a dichas capacitaciones.

Resultados de esta naturaleza son los que la industria esperaba, y se dio por medio de la intervención de alumnos que propiciaron la confianza, a pesar de la resistencia de los empleados hacia la información; manejar esta renuencia por parte de ellos les hizo experimentar formas para buscar la información y pulir las competencias que adquieren en las aulas, al aplicarlas a una situación real y de carácter empresarial. Las dificultades a las que se enfrentan aun siendo alumnos, los acercan a la realidad laboral, lo que ayuda al fortalecimiento de las competencias y a darle sentido a los contenidos de las asignaturas, encontrando sentido a las clases y motivándose por la aplicación de los conocimientos con la responsabilidad de apoyar a una empresa en un problema de contexto y con un gran impacto.

Trabajo a futuro

Como trabajo a futuro, se procederá a dar cumplimiento a las cuatro fases de capacitación. Para Chiavenato (2009), las cuatro etapas para llevar a cabo la capacitación:

1. El diagnóstico consiste en realizar un inventario de las necesidades o las carencias de capacitación que deben ser atendidas o satisfechas. Las necesidades pueden ser pasadas, presentes o futuras.
2. El diseño consiste en preparar el proyecto o programa de capacitación para atender las necesidades diagnosticadas.
3. La implantación es ejecutar y dirigir el programa de capacitación.
4. La evaluación consiste en revisar los resultados obtenidos con la capacitación.

Al solo llevarse a cabo la primera fase, se reservan las consecuentes para dar cumplimiento por medio de la participación de alumnado del ITSSPC, esto de acuerdo a la gerencia de la empresa que hace la invitación para posteriores etapas del proceso de capacitación (figura 5).

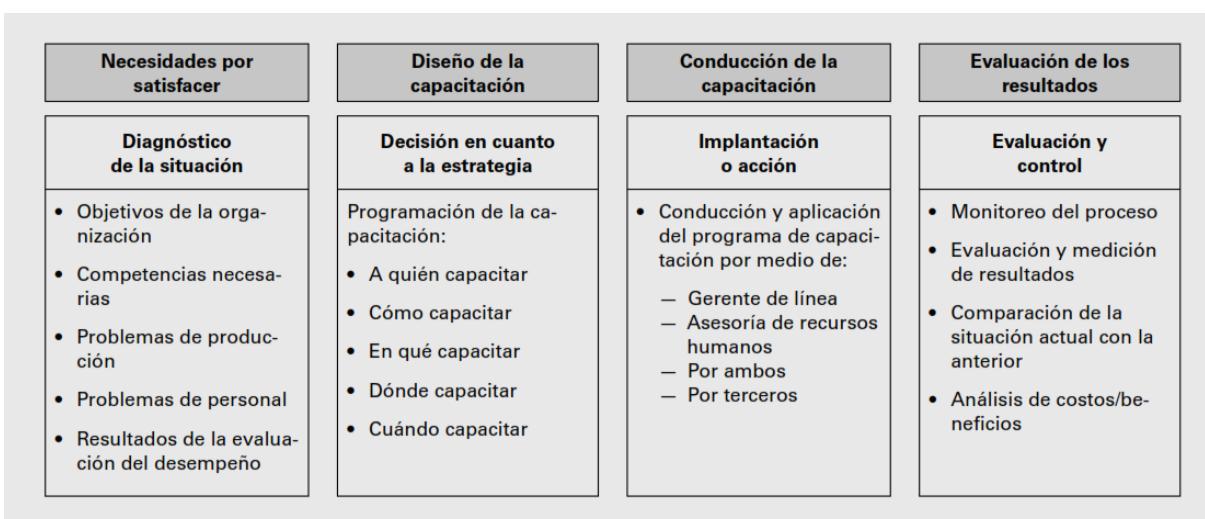


Figura 5. Proceso de capacitación (Chiavenato, 2009).

Conclusiones

El capital humano en las organizaciones es de suma importancia por la productividad que pueden generar con una capacitación adecuada. Para Münch (2010) un error muy común en algunas empresas es considerar la capacitación como un mal necesario, ya que en ocasiones la legislación laboral impone la obligación de impartir un número de horas-hombre anual de capacitación, y ésta se realiza sin ninguna planeación, por lo que con frecuencia las organizaciones no perciben los beneficios de la misma.

Es esta importancia la que han hecho notar los estudiantes a través del estudio realizado, para darla la significancia apropiada a los planes de capacitación en un orden metodológico propuesto y que se establezcan las prioridades por áreas, para que los efectos de dicha capacitación sean los esperados.

Para Chiavenato (2009), en tiempos de cambio e innovación, en la nueva onda de la era del conocimiento, se debe incrementar con nuevas habilidades y competencias para garantizar la supervivencia y la competitividad de la organización en el futuro. No basta con reponer el valor, sino que es preciso agregarlo continuamente.

De acuerdo con la OCDE (2007), desde una perspectiva económica y laboral, el potencial humano de aprendizaje de por vida asume mayor importancia día con día. En este sentido, las diferentes capacitaciones que los trabajadores han sugerido, forman un programa que ha de ejecutarse para el cumplimiento de los requisitos que como indicador, la capacitación requiere, además de fortalecer las competencias laborales de sus empleados en vías del desarrollo empresarial.

Las competencias empleadas por los alumnos del ITSSPC, específicamente de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial, son ejemplo de la educación basada en la experiencia; lo vivencial y la observación de las dificultades en las distintas áreas de la empresa les ofrecen una perspectiva más amplia de la realidad laboral, acercando al estudiante hacia las necesidades del entorno empresarial.

El aprendizaje significativo por parte del alumnado, ha sido un caso de logro que se ha reflejado por la construcción de conocimientos y la motivación para llevar a cabo este trabajo administrativo en la industria, por medio de un indicador como la capacitación y que es un factor auditable en un sistema de calidad que busca la mejora continua.

La importancia de la ejecución del estudio por parte de los alumnos, se refleja en la apreciación de los empleados al observar que la empresa, considera su opinión para la creación de un plan de capacitación, y en el alumnado, la confianza depositada por la empresa y el compromiso por atender a una necesidad empresarial aplicando sus conocimientos de clase.

La experiencia por parte de la empresa a manera de retroalimentación, ha sido fundamental para que el desempeño de los alumnos sea el más adecuado, y al realizar dicha acción, se mencionan aspectos de suma importancia como el hecho de haber logrado la participación de los empleados mediante argumentos sólidos para que sus respuestas fueran acorde a las necesidades de su entorno de trabajo y no resultaran en resistencia y poca disposición para la capacitación.

Como resultado del trabajo efectuado por los estudiantes, la empresa ha decidido darle continuidad al proyecto, integrando a sus filas a alumnos en residencia profesional del ITSSPC (del mismo grupo que llevó a cabo el estudio), como parte del proyecto para la capacitación de personal, en respuesta a las necesidades derivadas del estudio y como una manera de seguimiento y control del indicador de capacitación, que ha sido un factor de observación en el sistema de calidad y que hoy se atiende por la pertinencia e impacto del estudio de necesidades que realizaron los alumnos en ese rubro y por saber corresponder a la confianza depositada por la empresa para tal efecto.

Referencias

1. Chiavenato, I. (2009). Gestión del Talento Humano. (3ª ed.). México: McGraw-Hill.
2. Emprendepymenet. (2015). Beneficios de la capacitación para las empresas. Consultado el 14 de Julio, 2015, Sitio web: <http://www.emprendepyme.net/beneficios-de-la-capacitacion-para-las-empresas.html>
3. Morero, A. (2014). La importancia de la capacitación en las empresas. Consultado en Julio 2015, de NISSIGROUP; Sitio web: <http://www.nissigroup.com.ar/content/la-importancia-de-la-capacitacion-en-las-empresas>
4. Münch, L. (2010). Administración Gestión organizacional, enfoques y proceso administrativo. México: Pearson Educación.
5. OCDE (2007). Perspectivas de la OCDE. Capital humano: Cómo moldea tu vida lo que sabes. Resumen en español. Revisado el 30 de Julio de 2014, encontrado en: <http://www.oecd.org/insights/38435951.pdf>
6. Robbins, Stephen P. & Coulter, Mary. (2005). Administración. México: Pearson Educación.

Plan de negocios como herramienta educativa, didáctica y de contribución a la responsabilidad social

H. E. Escobar Olguín¹, R.E. Vielma Castillo¹, N. Arrieta Ruiz²

¹ *Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias, Del Tecnológico 53, Colonia del Tecnológico, C.P. 27800, San Pedro de las Colonias, Coahuila, México.*

² *Departamento de Ingeniería Logística, Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias, C.P. 27800, San Pedro de las Colonias, Coahuila, México.*

hector.escobar@tecsanpedro.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen

En los periodos Febrero–Julio 2014 y Agosto 2014–Enero 2015 los alumnos de 8° semestre de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial y con la asignatura Plan de Negocios, llevaron a cabo un proyecto con el Ejido San Rafael de Abajo, donde la finalidad era la construcción de proyectos susceptibles a recibir apoyos económicos para mejorar su entorno familiar a través de la apertura de los diferentes programas del Gobierno Federal. Los proyectos se conformaron por parte de diferentes familias quienes presentaron su propuesta de negocio, para tener la posibilidad de incrementar sus ingresos familiares, mejorar su condición social y la comunidad en general a través de la implementación de proyectos que atiendan necesidades de su entorno inmediato. Sin embargo, el resultado fue más allá, ya que el grupo fue merecedor a un reconocimiento en la categoría de “Responsabilidad Social” por parte de la Comunidad de Instituciones de Educación Superior de la Laguna (CIESLAG).

Palabras Clave: Plan de Negocios, Reconocimiento Social, Herramienta Educativa

Abstrac:

In the period February-July 2014 and August 2014.–January 2015 students of 8th semester in the major of business management and in the subject to the Business Plan, carried out a project in the small community, San Rafael de Abajo, where the aim was to make viable projects to receive financial support to improve their family economy through open windows of the various programs of the Federal Government. The projects were set up by different families who presented their business proposal to be able to increase their family income, improve their social status and the general community through the generation of an important economic movement. However, the result went further, since the group was awarded a recognition in the category of "Social Responsibility" by the Community Institutions of Higher Education of the Laguna (CIESLAG).

Keywords: business plan, Social Recognition, Educational Tool

Introducción

La inminente presencia de retos en el sector educativo, son cada vez más palpables. Sin embargo, la encomienda es enfrentarlos. Haciendo uso de las herramientas académicas que permitan en la medida de lo posible solventar las dificultades que se hacen presentes. El reto no es sencillo. Éste implica una mejor preparación por parte de los alumnos, ante las adversidades de un mercado cada vez más complicado y competitivo, laboralmente hablando.

Existe un factor sumamente indispensable: Adaptabilidad, a los constantes cambios. Éste contribuirá de manera significativa con el proceso de adquisición de conocimientos por parte de los estudiantes. El mantener dinamismo en las aulas, permitirá que el aprendizaje en los alumnos se genere de manera constante y con gran facilidad. El reconocer que los alumnos aprenden de diferentes formas, permitirá adecuar las actividades de aprendizaje. Y estas, cambian constantemente. Por lo tanto, el docente debe adaptarse a estos cambios y no esperar a que lo demanden los estudiantes, sino observar la dinámica de aprendizaje y adelantarse a ello.

Se ha pensado en la manera en cómo el aprendizaje en los estudiantes sea significativo. Que posea las habilidades y las competencias necesarias para lograr transmitir e interpretar los conocimientos previamente aprendidos a una situación real.

Que no solo sean alumnos de salón sino que puedan resolver situaciones, conflictos y problemáticas generadas en el seno de su entorno de trabajo a través de la toma de decisiones pero bajo el previo de una construcción de conocimientos y aprendizajes necesarios para que éstos sean ejecutados en sus trabajos.

Demostrar la importancia que tiene para los alumnos la combinación de la teoría y la práctica, pero sobretodo que sean capaces de ver la utilidad y el impacto que las asignaturas tienen en la vida cotidiana. Generando en los estudiantes el sentido de pertenencia por cada una de las materias que forman parte del plan de estudios. La función de producción del empresario muestra el nivel de producción máximo que la empresa puede obtener con cada combinación específica de inputs; expresa matemáticamente la relación entre las cantidades de inputs que emplea o utiliza y las de outputs que obtiene o produce. (Quandt, 1990)

Lo anterior es uno de los muchos retos que se presentan, es decir, ¿cómo lograr que los estudiantes de hoy salgan lo suficientemente preparados para enfrentarse a un mundo laboral tan competitivo?, considerando la benevolencia de los medios digitales y la facilidad con la que se consiguen las consultas y demás tareas estudiantiles.

La presente investigación fue gestada en ese diagnóstico de observación aplicado a los estudiantes. Estos con innumerables y diversas formas de aprender. Pero antetodo, sedientos de aprender formas distintas a las actuales. Estas formas o métodos, los requieren más cómodos, más fáciles. Tan cómodos y fáciles como la actual adquisición de aspectos; donde la tecnología ha jugado un papel importante. Misma, que les ha facilitado la entrega de sus responsabilidades y obligaciones académicas.

El éxito de en la ejecución de los planes de desarrollo depende en gran parte de la calificada selección de proyecto y de los correspondientes programas sociales. Difícilmente se pueden realizar planes de desarrollo realistas, y si no se han identificado, formulado y evaluado sus correspondientes proyectos, por otro lado, la manera de formular y evaluar proyectos es considerándola dentro del marco de referencia del plan. (Miranda, 2003)

Por el contrario, el gobierno federal emite cada año convocatorias para que los habitantes de las áreas rurales puedan tener acceso a esos financiamientos. Y fue aquí, donde los alumnos de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial IGEM, y con la materia Plan de Negocios, se dieron a la tarea de construir los Proyectos susceptibles a financiamiento.

Para lograr su objetivo económico final, la empresa necesita generar ingresos vendiendo sus productos o servicios en el mercado. Es raro que una empresa ofrezca solo un producto o servicio a un solo mercado; por lo general compite con varios mercados con otros vendedores y compradores. En estos mercados, cada empresa debe obtener un cierto volumen de negocios para generar el valor añadido necesario que haga posible su existencia. (Industrial, 1998)

El desarrollo, implicó la selección de uno de los más de 114 ejidos que posee el municipio. Las características para la selección del mismo fueron: la situación económica, las actividades productivas, el nivel sociocultural, el grado académico, entre otros.

San Rafael de Abajo se localiza en el municipio de San Pedro, Coahuila. Éste colinda con los municipios de Cuatrociénegas, Sierra Mojada, Viesca, Parras, Matamoros y Francisco I. Madero. Mientras que San Rafael colinda con los ejidos de San Esteban, San Marcos, Santiago y Santa Elena. Según datos del INEGI, este ejido cuenta con aproximadamente 610 habitantes entre los cuales hay 313 hombres y 297 mujeres. La relación mujeres/hombres es de 0.949. La población femenina cuenta con un 3.04% de hijos por mujer. El porcentaje de analfabetismo entre los adultos es de 5.64 % (5.11% en los hombres y 6.4% en las mujeres) y el grado de escolaridad básica es de 6.18% (6.35 en hombres y 6.02% en mujeres). Cuenta con 142 viviendas, de las cuales el 0.36% disponen de una computadora. De las principales actividades económicas se pueden

mencionar la agricultura y la ganadería las cuales se pagan alrededor de \$500.00 a \$700.00, según la actividad que desempeñen dentro de estas.

- **Santa Elena**, tiene 844 habitantes, 444 hombres y 440 mujeres. Los ciudadanos se dividen en 322 menores de edad y 552 adultos de los cuales 84 tienen más de 60 años. Santa Elena tiene 211 hogares. 348 habitantes tienen una escolaridad básica.
- **Santiago**, tiene una población de 265 personas, de las cuales 133 son Hombres y 132 mujeres. Los ciudadanos se dividen en 106 menores de edad, 159 adultos de los cuales 37 tienen más de 60 años. En Santiago hay un total de 59 viviendas, 121 habitantes tienen una escolaridad básica.
- **San Esteban de Abajo**, cuenta con 999 habitantes de los cuales 514 son hombres y 458 son mujeres, los ciudadanos se dividen en 383 menores de edad y 616 adultos de los cuales 118 tienen más de 60 años. En San Esteban de Abajo hay un total de 242 hogares, 324 habitantes tienen una escolaridad básica.
- **San Marcos**, Tiene 1159 habitantes, en los cuales se dividen en 580 hombres y 579 mujeres. El grado de escolaridad básica es de 206 personas.

Metodología

Para la selección del ejido, se enlistaron una serie de requisitos, siendo el más importante la situación económica de los habitantes.

El objetivo principal fue la construcción de una serie de planes de negocios. Para ello, se conformaron equipos de trabajo por parte de los habitantes de la comunidad. A cada equipo se le asignó un alumno, que fungirá como tutor. Éste, además de resolver las dudas, conformaría el expediente necesario para presentarlo ante una de las convocatorias emitidas por parte del gobierno federal.

Posteriormente, se diseñó el plan de trabajo, desde la conformación de equipos para la exposición del contenido temático del curso/taller, titulado: "Capacitación sobre programas gubernamentales para proyectos potenciales", hasta la programación para la ejecución de los temas: Resumen Ejecutivo, Aspectos de Mercado, Aspectos Técnicos, Aspectos Organizativos y Sociales, Acciones o Servicios Complementarios y Aspectos financieros. Evaluar con precisión el apartado financiero, en especial atender lo concerniente a la depreciación. No implica un desembolso de dinero en efectivo, pero se considera como un gasto debido al principio de asociación. (Beltran, 2001)

Las sesiones se atendían entre semana y el fin de semana previamente establecido un plan de trabajo que es tu estructurado en función de la disponibilidad de los alumnos para atender directamente con los habitantes del ejido San Rafael de abajo.

De lo anterior, se desarrollaron proyectos de todo tipo. A continuación se hará una breve descripción de los planes de negocios conformados. Un café internet más papelería. No solo para satisfacer la nula presencia de un negocio de este tipo a los estudiantes de todos los niveles. Sino a la población en general que requiera de los servicios de este negocio. Criadero de Cerdos González, encabezado principalmente por mujeres. El proyecto consistía en la crianza y engorda de lechones. Escobas San Rafael, precedido por hombres, dueños de una parcela en la que se predomina el cultivo de espiga. Al ver limitada la venta de la misma, se tomó la decisión de incursionar en la fabricación de escobas. Ganadería Porcina San Rafael, grupo conformado por hombres y mujeres. El proyecto consistía en la compra y venta de puercos en todas sus edades. Incluso la renta de sementales. Miscelanea El último, este proyecto más que de nueva creación, implicaba la ampliación del mismo. Cuenta con 10 años en la localidad y el dueño consideraba que poco a poco la demanda ha dejado de ser satisfecha y por ello se requiere de un recurso económico adicional para satisfacerla en plenitud. Y finalmente, la Panadería San Rafael, conformado por un grupo mixto. El representante legal, es quien posee la experiencia, debido a que normalmente se ha desempeñado en este tipo de negocios.

La clausura, se realizó en las instalaciones del Instituto por parte de las autoridades más representativas.

Resultados y discusión

Continuar en la búsqueda de una mejor forma en que los estudiantes adquieran conocimiento pero sobretodo que el aprendizaje sea significativo. No es una tarea fácil, tampoco difícil. Esto representa, mucha dedicación al respecto. Se requiere de docentes comprometidos con su quehacer educativo. Los maestros debemos buscar muchas formas diversas para lograr que los resultados de aprendizaje requeridos y que contribuyan con el perfil de egreso. Al término del semestre se cuestionó a los estudiantes, sobre esta nueva metodología y todos concluyeron que fue divertida y muy dinámica. Conocieron una nueva forma de aprender.

Aprendieron a tomar decisiones sobre situaciones reales en contextos reales y bajo problemáticas vivenciales. Lidar con personas del ejido no es una tarea sencilla. El principal problema al que se enfrentaron fue hacer que los integrantes de los equipos de los proyectos pudieran lograr entender los términos técnicos que los alumnos utilizaban y peor aún, interpretar las opiniones para que estas pudieran ser plasmadas en cada una de las etapas para la integración de los Planes de Negocios y sus respectivos expedientes. Sin embargo, todo resultó en una gran experiencia muy recomendada para continuar con ella y esta noble labor.

Normalmente los alumnos están acostumbrados a tomar decisiones sobre casos prácticos o situaciones controladas a través de una bibliografía elegida por el docente. Sin embargo el enfrentarlos los alumnos a un contexto que no es el Instituto tecnológico superior de San Pedro les permitió afianzar las habilidades y competencias que durante un largo tiempo han ido construyendo poco a poco.

El encontrarse en una situación y en un contexto distinto al habitual y bajo problemáticas que en ese momento se presentaban les permitió a los alumnos tomar las decisiones correctas a las situaciones que se estaban presentando en este momento. Esto no sólo implicaba decidir por decidir si no al momento de hacerlo con precisión y en pro y beneficio de todos y cada uno de los participantes del ejido San Rafael de abajo.



Figura 1. Reunión y acuerdo con los integrantes del Ejido San Rafael de Abajo

La actividad que implicaba preparar y diseñar el plan de trabajo fue un rato más al que los alumnos se enfrentaron. Ya que en este caso se deberían de tomar en cuenta tanto los tiempos de cada uno de los participantes como la solicitud del espacio para generar cada una de las actividades planteadas como lo fue la capacitación sobre el curso taller para que los integrantes de los equipos del ejido supieran cuáles eran las partes que conforman un plan de negocios. Así como también definir en qué tiempos y momento deberían de generarse la clausura de las actividades encomendadas previamente.

El beneficio que recibieron los integrantes de los equipos del ejido San Rafael de abajo fue la conformación de un expediente basado en las convocatorias vigentes de los programas que el gobierno federal emite para que los negocios afiancen su capital o refuercen lo previamente establecido a través de un financiamiento. En algunos casos dicho financiamiento se va a fondo perdido sin embargo y aunque esto no sucediera los integrantes de cada uno de los equipos se les preparó para cuando en un mentor se llegara pudieran participar en cada una de las convocatorias.



Figura 2. Clausura con integrantes del Ejido San Rafael de Abajo

Para el seguimiento y la integración de los expedientes de cada uno de los planes de negocios fue una tarea muy minuciosa, ya que se debían apegar a una de las convocatorias vigentes. En su momento se decidió participar en la convocatoria INAES anteriormente denominada FONAES. Ya que por sus características es la más extensa en cuanto al cumplimiento de su contenido temático.

En las primeras dos semanas de inicio del semestre, los alumnos se dieron a la tarea de analizar las convocatorias de los programas sociales por parte del gobierno federal, vigentes en ese momento. Algunas de éstas fueron: FAPPA, PROMETE, SAGARPA, INAES, SEDESOL entre otras. Los requisitos entre una y otra convocatoria pueden llegar a variar sin embargo la esencia en cuanto a la conformación de un plan de negocios es la misma.

Por lo regular la elaboración y diseño de un proyecto que será susceptible a participar en alguna convocatoria vigente es considerablemente costoso. Sin embargo, para los alumnos de la carrera de ingeniería en Gestión Empresarial decidieron realizar a manera de servicio comunitario la conformación gratuita de los planes de negocios. Posteriormente, canalizar al Centro de incubación en innovación empresarial del Instituto tecnológico superior de San Pedro para que este ofreciera sus servicios y continuar con el proceso para lograr bajar el recurso necesario, en caso de que los integrantes del Ejido, así lo consideraran necesario.



Figura 3. Asistentes del Ejido San Rafael de Abajo a la entrega de expedientes

Para la clausura del evento se invitó a las autoridades del Instituto como por ejemplo al Subdirector Académico Jesús Joaquín Quistián Contreras, a la jefa de división de la carrera de GESTIÓN EMPRESARIAL la Licenciada Martha Olivia López Coronado, a la Licenciada María del Carmen Garza, coordinadora del Centro de incubación empresarial y al Licenciado Mario Almeida Jara titular de Departamento Fomento Económico y representante del presidente municipal de San Pedro de las colonias. Así como también a todos y cada uno de los miembros que integran los diferentes equipos de los distintos planes de negocios conformaron el total de los participantes. Se pidió la participación de la coordinadora del Centro de incubación en ovación empresarial para que ésta a su vez ofrecer los servicios y ver la posibilidad de que los proyectos fueron incubados en dicho centro.



Figura 4. Lona conmemorativa del curso-taller



Figura 5. Entrega del reconocimiento en el Auditorio Centauro de la Ciudad Lerdo, Dgo.

Uno de los aspectos que no se tenía pensado lograr fue la obtención del reconocimiento en la categoría responsabilidad social otorgado por parte de la Comisión de instituciones de educación superior de la laguna CIESLAL. Dicho reconocimiento se otorga por el desempeño que un grupo o de forma individual se lleva a cabo en cierto estrato social de la población en este caso en el ejido San Rafael de abajo.



Figura 6. Reconocimiento a la Responsabilidad Social

No sólo implicó la conformación de planes de negocios si no la ayuda a estas personas de bajos recursos y sin la posibilidad de pagar por la elaboración de los mismos los alumnos del Instituto tecnológico de San Pedro lo realizaron de forma gratuita.



Figura 7. Alumnos de la carrera ingeniería en Gestión Empresarial

Trabajo a futuro

Continuar con la labor en los ejidos de la localidad. Según opiniones de los estudiantes, donde argumentaban que esta manera de aprendizaje les resultó sumamente significativa. Adquirieron el conocimiento de una forma dinámica. Por lo tanto, se continuará en cada año con esta labor en los diferentes ejidos.

Generar lazos más estrechos con el Centro de Incubación e Innovación Empresarial (CIIE) del Instituto Tecnológico Superior de San Pedro (ITSSP).

Aprovechar la vinculación establecida con el municipio para seguir detonando nuevos proyectos en beneficio de los alumnos y de sus involucrados. Pero sobretodo que los trabajos realizados en las aulas o fuera de ellas, no se queden en lo local sino que el resto de la comunidad tecnológica pueda conocer los esfuerzos realizados y compartir experiencias.

Conclusiones

Lograr innovar con las estrategias de aprendizaje pero sobretodo no mantener resistencia al cambio son algunos de los factores necesarios e indispensables para trascender en la Educación Superior.

Al finalizar la construcción del plan de negocios se citó a los miembros de la comunidad San Rafael de abajo a participar en la clausura del evento en las instalaciones del tecnológico de San Pedro. Los miembros de los equipos utilizaron los servicios del Centro de Incubación e Innovación Empresarial y fueron registrados en las convocatorias INAES, FAPPA y PROMETE.

Dentro del programa se entregaron los planes de negocios terminados a cada equipo con la finalidad de que estos pudieran utilizarlos en la ventanilla que en ese momento estuviese aperturada.

Todo lo anterior además de construir el conocimiento necesario las habilidades requeridas y las competencias alcanzadas nos dio por resultado la obtención de un reconocimiento emitido al grupo de octavo F bajo la modalidad responsabilidad social por parte de la organización CIESLAG llevado a cabo en las instalaciones del teatro Centauro en la ciudad de Lerdo Durango.

Se pudo constar que no todo está escrito en los programas de estudio. Que existen formas distintas y detonadoras del aprendizaje de los alumnos, lo único que falta es decidir a hacerlo.

Recordar que aunque los programas son los mismos, no lo son nuestros alumnos. Los docentes nos debemos a ellos y en ellos tenemos que construir las estrategias de aprendizaje y lograr las metas planteadas. Aunque no es una tarea fácil, la dificultad solo es interpuesta por los mismos conductores y facilitadores del aprendizaje.

Agradecimientos

A las autoridades del ITSSP, al Subdirector Académico Jesús Joaquín Quistián Contreras, a la jefa de división de la carrera de GESTION EMPRESARIAL la Licenciada Martha Olivia López Coronado, a la Licenciada María del Carmen Garza, coordinadora del Centro de incubación empresarial y al Licenciado Mario Almeida Jara titular de Departamento Fomento Económico y representante del presidente municipal de San Pedro de las colonias.

Bibliografía

1. Beltran, A. (2001). *Evaluacion Privada de Proyectos*. Lima.
2. Industrial, O. d. (1998). *Manual para pequeñas empresas industriale. Diseño y evaluación de proyectos*. Viena.
3. Miranda, J. J. (2003). *GEstión de Proyectos: Identificación, Formulación y Evaluación*. Colombia: MM Editores.
4. Quandt, J. M. (1990). *Teoría Microeconómica* . España.

Los recursos y su impacto en el desempeño económico en los talleres artesanales de Zacatecas

L.A. Correa García¹, R. González Acolf, M. del C. Alcalá Álvarez³.

¹Doctor en Ciencias Administrativas por la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad #940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131. Zacatecas, Zacatecas. México. luisangel_zac@hotmail.com

²Profesor-Investigador. Centro de Ciencias Económicas Administrativas. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad #940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Aguascalientes. México. rgonza@correo.uaa.mx

³Profesor-Investigador. Facultad de Economía y Relaciones Internacionales. Universidad Autónoma de Baja California. Calzada Universidad 14418. Parque Industria Internacional Tijuana, C.P. 22390, Tijuana, Baja California. México. alcala_uabc@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería administrativa

Resumen

En la actualidad el análisis de los recursos internos con los que cuentan las pequeñas empresas tienen impacto directo en su comportamiento económico. Para el estudio de los recursos y el desempeño económico se eligió el sector artesanal de la zona metropolitana de Zacatecas por su importancia ya que produce empleos contribuyendo con el desarrollo de los individuos y de la comunidad. El estudio fue transversal, el instrumento de recolección fue un cuestionario aplicado a 124 propietarios de talleres artesanales. Mediante el análisis de regresión múltiple se encontró que los recursos: producto terminado y maquinaria, equipo e instrumentos de trabajo impactan en el desempeño económico de los negocios artesanales en dicha demarcación. Los resultados señalan que los recursos físicos tienen influencia significativa en su comportamiento económico, no así los recursos intangibles que no muestran gran relación.

Palabras clave: Recursos, desempeño económico, taller artesanal.

Abstract

Currently, analysis of internal resources with those who have small businesses have direct impact on the economic behavior. for the study of the resources and economic performance was chosen the crafts sector of the metropolitan area of Zacatecas because of its importance since it produces jobs, contributing to the development of individuals and the community. The study was cross-sectional, the instrument of collection was a questionnaire applied to 124 owners of craft workshops. Using multiple regression analysis it was found that the resources: finished product and machinery, equipment and tools have an impact on the economic performance of craft businesses in the river basin district. The results indicate that physical resources have significant influence in their economic behavior, not the intangible resources showing no great value.

Introducción

La cultura popular en México constituye una de las mayores riquezas por su legado prehispánico, las expresiones y manifestaciones artesanales a través de los años han sido una actividad poco valorada económicamente, sin embargo, son negocios que generan empleos y contribuyen con ingresos de los que dependen cientos de familias. El trabajo de los artesanos es un oficio que históricamente se ha desarrollado antes de la industria, de ahí que la producción de artesanías propicie la identidad cultural de las poblaciones donde se encuentran presentes, son obras maravillosas emanadas de la transformación de recursos naturales pertenecientes a la región, y están presentes de una u otra forma en la vida cotidiana de los mexicanos.

En el contexto Zacatecano, los talleres artesanales tienen una gran importancia cultural así como también tienen un alto valor económico ya que constituyen una fuente de ingresos para familias completas que dependen de las artesanías, pese a la importancia de la actividad artesanal el futuro de la producción está en peligro de desaparecer. Los talleres artesanales en su mayoría familiares conservan sus diseños tradicionales, sus piezas son elaboradas con materiales regionales, con técnicas ancestrales transmitidas de generación en generación. Dentro de las ramas artesanales presentes en la demarcación metropolitana de Zacatecas objeto

de estudio se encuentran, la alfarería y cerámica, textiles, madera, metalistería, joyería, fibras vegetales, cartonería, talabartería, lapidaría y cantera, arte huichol y dulces artesanales. Los talleres artesanales debido a su tamaño y a sus características poseen recursos que son escasos y son factores claves para obtener resultados superiores.

El presente documento se organiza en un principio por una perspectiva teórica sobre los recursos internos de la empresa, posteriormente se presenta el apartado metodológico, después se presentan los resultados y discusión, por último se exhiben las conclusiones.

Los recursos

La teoría de los recursos inicia con los trabajos de Penrose (1959), para ella la empresa es un conjunto de bienes productivos que determinan la dimensión que puede alcanzar. Para Mathews (2002) son los bienes productivos de la empresa y por lo tanto son considerados la unidad fundamental de generación de valor. Fernández, Montes y Vázquez (2014) señalan que la teoría de los recursos permite alcanzar un mayor grado de comprensión sobre las causas de la heterogeneidad, las diferencias de competitividad y resultados en las empresas.

Por su parte Barney (1991) afirma que los recursos se adquieren para un propósito específico y que son necesarios para lograr una ventaja competitiva, deben ser heterogéneos y cumplir con las siguientes propiedades: valiosos, escasos, difíciles de imitar y sustituir. Para Amit y Schoemaker (1993), la magnitud y naturaleza de los recursos que poseen las empresas son importantes en la determinación de su rentabilidad, siguiendo con esta idea Wernerfelt (1984) define los recursos de una empresa como aquellos activos tangibles e intangibles que están atados de forma semi-permanente a la empresa, da como ejemplo la marca, posesión de tecnología, habilidades personales de los empleados, tratados con proveedores y clientes, maquinaria y capital.

Para Barney (1991) los recursos son los bienes, las capacidades, el proceso de organización, los atributos, la información y el conocimiento que posee la empresa que le permite implementar estrategias que mejoren su eficiencia y eficacia, las empresas que controlan éstos tienen un mejor entendimiento de su impacto en la ventaja competitiva que las que carecen de ellos, hace énfasis en que si una empresa no los posee difícilmente puede obtener una ventaja competitiva sostenida, así mismo Amit y Schoemaker (1993) los definen como el stock de factores disponibles que son poseídos o controlados por la empresa, convertidos en productos o servicios. Otra perspectiva es la de Viteri (2000), quien señala que son los medios propios que llevan a la empresa a seleccionar las oportunidades para las que está mejor dotada. Calderón (2006) los define como a todos aquellos factores de producción sobre los cuales puede ejercer un control efectivo.

Huerta, Navas y Almodóvar (2004) entienden los recursos como el conjunto de factores o activos de los que dispone una empresa para llevar a cabo su estrategia, mientras que para Cardona (2011) son procesos y rutinas denominadas capacidades. Por su parte Chiavenato (2006) los define como los bienes financieros, maquinaria, equipos y materia prima de los que la empresa dispone para sus operaciones actuales o futuras.

Algunos autores como Ferreira, Azevedo y Fernández (2011); Aragón y Rubio (2005); Regino, Hernández y Domínguez (2006); De la Rosa, Lozano y Ramírez (2009) analizan diversos tipos de recursos como: el tamaño de la empresa, nivel de educación de los empleados, recursos financieros, tecnología de producción, motivaciones, conocimiento y desempeño económico. Los autores referidos concluyen que los recursos afectan el crecimiento de las pequeñas empresas y explican en parte el éxito competitivo.

Es por ello que en nuestro trabajo consideramos los recursos para su análisis, por lo tanto los definimos como aquellos bienes tangibles e intangibles internos que dispone la empresa para llevar a cabo sus procesos que explican el desempeño económico (Carreón, Capelleras y Giménez, 2013; Vivas, 2013; Dini, Ferraro y Gasaly, 2007).

Con respecto a los recursos tangibles, Cardona (2011) destaca el acceso a materia prima, infraestructura compuesta por las construcciones así como los factores que afectan el costo de producción. Para Ferreira et al., (2011) incluyen el capital y la ubicación. En este trabajo los recursos tangibles los definimos como los bienes físicos que aportan beneficios al taller artesanal, de los cuales pueden obtenerse ventajas competitivas.

Referente a los recursos intangibles, juegan un papel fundamental en la consecución y mantenimiento de la ventaja competitiva (Escandón, Arias y Salas, 2012; Castillo y Portela, 2014), sin embargo, pocas empresas los

valoran adecuadamente, dentro de estos activos para Cardona (2011) se distinguen la marca, la reputación, la calidad de los productos, las patentes y la propiedad intelectual. Ferreira et al., (2011) los desglosan en conocimiento, habilidades, la reputación, la orientación emprendedora entre otras. Por su parte Grant (1991) señala que los valores y las tradiciones son considerados como recursos intangibles claves que son críticos para la cooperación y compromiso de sus miembros. Fernández et al., (2014) clasifican los recursos intangibles en: conocimiento o información, que no son susceptibles de tocarse, como el capital humano y organizativo, reputación. Los autores citados concluyen que los recursos tienen una influencia importante sobre la competitividad y los resultados de la empresa.

Fierro y Mercado (2012) señalan que los recursos intangibles se definen por su naturaleza inmaterial, es decir, son carentes de sustancia o esencia física y poseen la capacidad de generar beneficios económicos futuros. Para efectos de nuestro trabajo los recursos intangibles los definimos como los conocimientos, habilidades y motivaciones que poseen los artesanos para resolver una necesidad como se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1.- Clasificación de recursos, los cuales por naturaleza pueden ser tangibles o intangibles y son considerados los bienes productivos con los que cuenta la empresa (Benedetti, 2014).

Variables	Definición conceptual	Indicadores
Recursos tangibles	Son los bienes físicos que aportan beneficios al taller artesanal.	<ul style="list-style-type: none"> - Materia prima - Producto terminado - Maquinaria y equipo
Recursos intangibles	Son los conocimientos, habilidades, y motivaciones que poseen los propietarios de los talleres artesanales para resolver una necesidad.	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimientos - Habilidades - Motivaciones

Fuente: Elaboración propia

Referente a la variable dependiente desempeño económico, es uno de los aspectos más problemáticos en el campo de la teoría organizacional, debido a que aún no se llega a un consenso para la evaluación de este concepto (Yescas, 2008). Investigaciones empíricas sobre esta variable (Wijawardena y Cooray, 1994; García, Marín y Martínez, 2006; Martínez, García y Maldonado, 2011; García y Ramírez, 2012) refieren que es sinónimo de competitividad, crecimiento, rentabilidad, productividad y resultados. Depende de los medios de producción, de las condiciones de trabajo, de los estilos de vida, así como el nivel de salud y bienestar de los trabajadores. En el sector artesanal mexicano la evidencia empírica (Domínguez y Hernández, 2007; Hernández, Domínguez y Mendoza, 2010) indica que el desempeño económico es medido con los ingresos generados por la venta de productos, crecimiento en ventas, la rentabilidad y la satisfacción económica. Sobre estas bases podemos discutir que la variable desempeño económico puede ser medido por los ingresos por venta de artesanías y está en función de los recursos tangibles e intangibles que en este caso es nuestra variable independiente.

Metodología

Tipo de estudio

El diseño del presente estudio es de tipo *no experimental* porque no se tienen empresas control para la toma de acciones sobre los factores y variables verificando su efecto, es *transversal*, de tipo *correlacional* ya que asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población; es de tipo *seccional* por que se aplica a una población específica durante un lapso de tiempo reducido.

Perfil de la zona metropolitana de Zacatecas

Esta demarcación está compuesta por los municipios de Zacatecas y Guadalupe. Se localiza en el parte central del estado. Para efectos de nuestra investigación sólo se abordaron los municipios de Guadalupe y Zacatecas. El municipio de Zacatecas cuenta con una superficie total de 444 km², cuenta con una población total de 138,176 (INEGI, 2014). El otro municipio que conforma la demarcación en estudio es Guadalupe, tiene la categoría de ciudad con los rasgos urbanos modernos. Este municipio cuenta con una superficie territorial de 804 km² lo que representa el 1.07% de la superficie total del estado. Cuenta con una población total de 159,991 personas (INEGI, 2014), la principal fuente de trabajo es la agricultura.

Muestra

Según el padrón de artesanos (IDEAZ, 2012) existen 152 talleres artesanales ubicados en Zacatecas y 143 en Guadalupe, lo que da un total de 295 negocios de artesanías, con base en estos datos se aplicó la fórmula para determinar el tamaño de la muestra, dando como resultado 167 encuestas.

$$n = \frac{NZ^2pq}{E^2(N-1) + Z^2pq} \quad (1)$$

$$n = \frac{2.95 (3.8416)(0.50)(0.50)}{0.0025 (295-1) + 3.8416 (0.50)(0.50)} = \frac{283.318}{1.6979} = 167$$

Dónde:

n= 295

z= 1.96 para un 95% de confianza.

p= 0.50 probabilidad de éxito; q= 0.50 probabilidad de fracaso.

e= 5% error estimado.

Recolección de datos

Una vez que se determinó la muestra, el siguiente paso consistió en recolectar los datos pertinentes sobre las unidades de análisis. La recolección se efectuó mediante un instrumento de medición en el cual se registró la información sobre las variables, la cual se realizó del 1 al 31 de Octubre de 2014, el cuestionario fue aplicado por medio de entrevistas personales en cada taller artesanal a los propietarios o encargados de cada negocio. En total se visitaron 167 talleres artesanales, sin embargo algunos artesanos no fue posible localizarlos, algunos talleres cerraron, otros fallecieron y errores en la base de datos del padrón artesanal como por ejemplo domicilios que no existen, nombres de calles que no coinciden y números erróneos, por lo tanto, el total de encuestas levantadas para nuestro estudio fue de 124. Mismo número son los negocios visitados personalmente, lo que minimiza el sesgo en la información.

Modelo matemático

De manera específica el modelo matemático de recursos se plantea en la ecuación 2.

$$y = f (W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6) \quad (2)$$

Dónde:

y = desempeño económico, W_1 =materia prima, W_2 = producto terminado, W_3 =maquinaria y equipo, W_4 =conocimiento, W_5 = habilidades y W_6 =motivaciones.

Modelo econométrico

Una vez expuesta la relación matemática del modelo a continuación se muestra la estimación econométrica.

El modelo 1 que corresponde a los recursos, es la expresión econométrica de la ecuación 2 y se desarrolla en la ecuación 3:

$$y = \beta_0 + \beta_1 W_1 + \beta_2 W_2 + \beta_3 W_3 + \beta_4 W_4 + \beta_5 W_5 + \beta_6 W_6 + \mu_i \quad (3)$$

Dónde:

y: es la variable dependiente desempeño económico.

$W_1, W_2 \dots W_6$: son las variables de recursos.

$\beta_0, \beta_1, \beta_2 \dots \beta_6$: son los parámetros poblacionales.

μ_i : es un término de error aleatorio.

Hipótesis

El modelo econométrico de recursos establece la hipótesis nula (ver ecuación 3) que todos los recursos considerados en la ecuación 3 no ejercen influencia en el desempeño económico de los talleres artesanales de la zona metropolitana de Zacatecas. La hipótesis de investigación se establece en la ecuación 4:

$$H_0: \beta_1 = 0, \beta_2 = 0, \beta_3 = 0, \beta_4 = 0, \beta_5 = 0, \beta_6 = 0 \quad (4)$$

$$H_1: H_0 \text{ no es verdadera.}$$

También se probó la significancia individual de cada variable de la ecuación 2:

$$H_0: \beta_i = 0 \quad H_1: \beta_i \neq 0$$

Dónde: i : 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Cuestionario

Para efectos de nuestro análisis, los recursos, se midieron por seis variables, tres para los recursos tangibles y tres para los intangibles, todas las variables anteriores fueron analizadas en escala tipo dummy dando los valores de 1 para sí y 0 para no. La variable independiente desempeño económico se midió a través de los ingresos por venta de artesanías.

Las variables independientes: los recursos tangibles se componen de tres preguntas escala tipo dummy con frecuencias de: 1 para sí y 0 para no. La primera pregunta corresponde a la materia prima (W_1), la segunda para el producto terminado (W_2), la tercera maquinaria y equipo (W_3). Los recursos intangibles se componen de tres preguntas escala tipo dummy con frecuencias de: 1 para sí y 0 para no. El primer ítem corresponde al conocimiento (W_4), el segundo para habilidades (W_5) y el tercero a motivaciones (W_6). La pregunta relacionada al desempeño económico, en este caso es la variable dependiente, fue compuesta por un ítem, redactado de acuerdo a la definición que se hace de esta variable en la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo del INEGI (ENAMIN, 2012). Este ítem fue medido por el ingreso que le deja su negocio al mes en pesos.

Resultados y discusión

Para llevar a cabo este apartado se realizó un análisis de regresión múltiple, considerando las variables independientes así como la dependiente. En la tabla 2 podemos apreciar los resultados de la ecuación 2 que estima la relación de los recursos con el desempeño económico.

Tabla 2 -Prueba de hipótesis recursos

Variable dependiente "y" ingreso por venta			
Variables independientes	β	t	sig.
Constante	4025.43	1.566	.124
W_1 Materia prima	990.51	.696	.489
W_2 Producto terminado	-2.974	-2.272	.026**
W_3 Maquinaria y equipo	17.154	5.198	.000*
W_4 Conocimiento	367.92	.180	.857
W_5 Habilidades	229.45	.172	.864
W_6 Motivaciones	1352.50	.978	.331
R=.635			
R cuadrado =.403			
Error de la estimación = 5439.36			
gl =79		F=8.215	.000*

** = $p < .05$ * = $p < .01$

Fuente: Elaboración propia

La tabla 2 presenta un $R^2 = .403$ lo cual muestra que es de 40% la variación de la variable dependiente desempeño económico en relación a las variables independientes de recursos.

En relación a las variables, la primera denominada materia prima (W_1) medida por: la pregunta -las materias primas son fáciles de conseguir-, contrario a lo que se esperaba no influye de manera significativa en el desempeño económico. Esto se puede atribuir a la disponibilidad de materia prima en la región.

El segundo ítem, producto terminado (W_2), medido por los productos que tardan más de un mes en salir del almacén, es significativo a nivel de .05. Lo podemos interpretar de la siguiente manera: cuando los productos tardan más de un mes en salir del almacén sus ingresos por ventas esperadas disminuyen en términos relativos en \$2.97, con respecto a un taller que no tiene producto terminado almacenado esto se puede atribuir a las pérdidas que genera tener piezas de artesanía almacenadas. Los artesanos no consideran otros elementos que afectan la administración de inventarios, debido a que no los tienen identificados, ya que la mayoría de sus decisiones están centradas en el producto terminado y su colocación en el mercado.

La variable independiente maquinaria y equipo (W_3) medida a través de las piezas elaboradas a la semana, presenta un nivel de significancia inferior a .01. Lo cual podemos interpretar de la forma siguiente: por cada pieza de artesanía producida, los negocios en estudio mejoran sus ingresos en \$17.15 pesos, en comparación con los negocios artesanales que no utilizan maquinaria y equipo, por ejemplo, los talleres de fibras vegetales, arte huichol o cartonería y papel. Esto se puede explicar debido a que la maquinaria, equipo e instrumentos de trabajo inciden directamente en la cantidad de piezas que se puedan manufacturar debido a que son indispensables para trabajar.

Las variables de recursos intangibles: conocimientos (W_4), habilidades (W_5) y motivaciones (W_6), no exhiben relación con el desempeño económico de las empresas artesanales en estudio. Los artesanos son portadores de conocimientos (W_4) heredados de generación en generación que están siendo desplazados por nuevas técnicas de producción. Referente a las habilidades (W_5), tal vez los bajos grados de escolaridad no les permitan desarrollarlas en plenitud. Aunque a los artesanos les agrada trabajar en su taller, las motivaciones (W_6) se pueden explicar ya que no existe una retribución económica, por el contrario presentan largas jornadas laborales y desgaste físico, ejemplo de ello son las nuevas generaciones que no están interesadas en continuar con la tradición de sus padres pues prefieren estudiar o trabajar en un empleo formal.

En la tabla 2, se puede observar el estadístico F, el cual indica que las variables en conjunto son significantes a nivel de 0.00, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula derivada de la ecuación 3, que establece que todos los recursos no ejercen influencia en el desempeño económico de los talleres artesanales de la zona metropolitana de Zacatecas.

Estos resultados sugieren que para mejorar el ingreso económico (y) de su taller, el artesano debe disminuir su stock en productos que permanecen más de un mes en almacén (W_2). En el sector artesanal no es fácil la comercialización de piezas porque no tienen control sobre su mercado, lo que impide al artesano tener una buena rotación de inventarios. Respecto a la variable maquinaria, equipo e instrumentos de trabajo, los resultados sugieren incrementar el uso de sus herramientas, para poder así aumentar el número de piezas elaboradas (W_3) y tener un mejor desempeño económico.

En cuanto al desempeño económico concluimos que es un aspecto difícil de estudiar debido a las diversas posturas de su evaluación. El ingreso en ventas mensuales en los negocios de artesanías va en función de la utilización de su maquinaria, equipo o instrumentos de trabajo, esto implica que para generar ventas dependen del uso que le den a sus equipos o instrumentos de trabajo y de la cantidad de producto que mantengan almacenado.

Trabajo a futuro

Convendría estudiar los talleres artesanales segmentados por ramas, además de replicar el modelo de investigación a artesanos de otras latitudes como por ejemplo en los estados de Jalisco, Michoacán, Oaxaca o Guerrero que son ricos en cultura popular.

Conclusiones

En los negocios artesanales los recursos físicos tienen influencia significativa en el desempeño económico, no así los recursos intangibles que no muestran gran relación. Esto es consistente con Barney (1991) quien señala

que el análisis de los recursos internos se relaciona con el desempeño y permite a las empresas mantener una ventaja competitiva. Al evaluar los recursos físicos encontramos que básicamente el producto terminado, la maquinaria, equipo e instrumentos de trabajo son ítems que influyen en el desempeño económico de los negocios artesanales, esto coincide con lo señalado por Wernerfelt (1984) ya que los recursos especialmente los que están relacionados con los productos, impactan directamente en el desempeño. Esto se debe a que el producto terminado es fundamental para mantener presencia en el mercado. Por otro lado, los activos físicos son esenciales para trabajar ya que son bienes que complementan la mano de obra artesanal y permiten llevar a cabo la manufactura de piezas. Los resultados presentados contrastan con los reportados por Regino et al., (2006) ya que concluyen que los recursos intangibles se relacionan con el desempeño económico.

Los resultados muestran que los recursos intangibles no influyen significativamente en el desempeño económico, esto se puede explicar por los niveles de educación que tienen los artesanos, ya que no permiten desarrollar sus conocimientos, sus habilidades y motivaciones. Otro aspecto que podría explicar esta situación, es la falta de capacitación que sufre el sector artesanal, esto derivado del distanciamiento de las políticas públicas.

Referencias

1. Amit, R. y Schoemaker, P. (1993). Strategic asset and organizational rent. *Strategic Management Journal*. 14(1),33-46.
2. Aragón, A. y Rubio, A. (2005). Factores explicativos del éxito competitivo: el caso de las PyMEs del Estado de Veracruz. *Revista contaduría y administración*. 216, 35-69.
3. Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of management*, 17, 99-120.
4. Bennedetti, C. (2014). Desde las colecciones al mercado "global". Reflexiones sobre patrimonio y artesanías indígenas. *ILHA revista de antropología*. 359-380
5. Calderón, G. (2006). Competencias distintivas en las pymes: un aporte desde gestión humana. *Innovar*.16(27),57-71.
6. Cardona, R. (2011). Estrategia basada en los recursos y capacidades. Criterios de evaluación y el proceso de desarrollo. *Revista Forum Doctoral*, 4,113-147.
7. Carreón, P., Capelleras, J. y Giménez, V. (2013). La capacidad emprendedora de los estados mexicanos: una aproximación basada en la Teoría de Recursos. *Ciencias administrativas. Teoría y praxis*. 1(9). 255-279.
8. Castillo, I. y Portela, M. (2014). Tecnología y competitividad en la teoría de recursos y capacidades. Se desconoce revista.
9. Chiavenato, I. (2006). *Introducción a la teoría general de la administración*. México:Mc Graw Hill.
10. De la Rosa, A., Lozano, O. y Ramírez, J. (2009). Organización, empresa, y familia: de la empresa familiar a la organización familiar. *Gestión y estrategia*. 36, 17-36.
11. Dini, M., Ferraro, C. y Gasaly, C. (2007). Pymes y articulación productiva. Resultados y lecciones a partir de experiencias en América Latina. *Revista CEPAL*. 180,5-44.
12. Domínguez, M. y Hernández, J. (2007). *Impacto, a dos años, de los programas de del FONART en los indicadores de pobreza, producción y comercialización artesanal*. México: Instituto Politécnico Nacional.
13. Escandon, D., Arías, A. y Salas, J. (2012). Recursos y capacidades que inciden en el desempeño de los sub sectores económicos colombianos 2003-2004: un acercamiento desde la teoría basada en recursos. *Ingeniería y Competitividad*, 14, 53-67.
14. Fernández, E., Montes J. y Vázquez, C. (2014). Los recursos intangibles como factores de la competitividad de la empresa. *Revista D-O*, 10, 83-98.
15. Ferreira, J., Azevedo, G. y Fernández, R. (2011). Contribution of Resource-based view and entrepreneurial orientation on small firm growth. *Cuadernos de gestión*. 11, 95-116.
16. Fierro, E. y Mercado, P. (2012). La innovación organizativa y sus predictores desde la Teoría de Recursos y Capacidades. *Administración y organizaciones*. 6, 1-23.
17. García, D., Marín, S. y Martínez, F. (2006). La contabilidad de costos y rentabilidad de la PYME. *Contaduría y administración*. 218, 39-59.
18. García, M. y Ramírez, L. (2012). Análisis y propuesta de variables que inciden en la competitividad y dirigen las PYMEs hacia la excelencia. México:Universidad de Guanajuato.
19. Grant, R. (1991). The Resource-Based Theory of competitive advantage: Implications for Strategy Formulation. *California Management Review*, 114-135.

20. Hernández, J. Domínguez, M. y Mendoza, L. (2010). Desempeño de negocios de artesanía después del movimiento social de 2006 en Oaxaca México. *Revista espiral estudios sobre estado y sociedad*. 48, 205-240.
21. Huerta, P., Navas, J. y Almodóvar, P. (2004). La diversificación desde la teoría de recursos y capacidades. *Cuadernos de estudios empresariales*. 14, 87-104.
22. IDEAZ. (2012). Instituto de Desarrollo Artesanal de Zacatecas. Padron de artesanos. Gobierno del Estado de Zacatecas.
23. INEGI. (2014). Instituto Nacional de Estadística Geografía. – Zacatecas, Zacatecas. Consultado el 20-Agosto-2014, 2014.
24. INEGI. (2014). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Encuesta en hogares/micronegocios 2012. Disponible en línea: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/Encuestas/Hogares/modulos/enamin/enamin2012/default.aspx>
25. Martínez, C. García, D. y Maldonado, G. (2011). *Factores de competitividad en la MIPYME*. Aguascalientes: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
26. Mathews, J. (2002). A resource-based view of Schumpeterian economic dynamics. *Journal of evolutionary economics*. 12, 29-54.
27. Penrose, E. (1959). *The theory of the growth of the firm*. New York: Wiley.
28. Regino, J., Hernández, J. y Domínguez, M. (2006). Los recursos intangibles en el desempeño y en la ventaja competitiva sostenida de la empresa: el caso de los negocios en artesanía en una industria fragmentada de Oaxaca, México. *X Congreso Anual ACACIA*, San Luis Potosí.
29. Viteri, D. (2000). El potencial competitivo de la empresa: recursos, capacidades, rutinas y procesos de valor añadido. *Investigaciones europeas de dirección y economía de la empresa*. 6(3), 71-86.
30. Vivas, S. (2013). Las implicaciones de las capacidades dinámicas para la competitividad y la innovación en el siglo XXI. *Cuadernos de administración*. 26(47). 119-139.
31. Wernerfelt, B. (1984). A Resource-based view of the firm. *Strategic management journal*, 5, 171-180.
32. Wijewardena, H. y Cooray, S. (1994). Determinants of growth in small manufacturing firms: the Japanese experience. *Accounting & finance working paper*. 2-9.
33. Yescas León, M. (2008). La cultura organizacional y el desempeño de los negocios de artesanía. (Tesis de maestría inédita). Instituto Politécnico Nacional.

Análisis del Rendimiento del IPC Sustentable en México como Estrategia de Inversión

B. I. Pérez Méndez^{1*}, F. J. S. Leal Medina¹, R. González Acolt¹, L. Romo Rojas¹, M. A. Soto Zamora².

¹Departamento de Finanzas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., México

²Departamento de Construcción y Estructuras, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., México

*breisa_1986@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen

De acuerdo con las tendencias internacionales en cuestión sustentable y como parte de la creciente importancia que ha tomado en los mercados accionarios los temas: ambiental, social y gobierno corporativo, surge en la Bolsa Mexicana de Valores la incorporación de un nuevo grupo de productos cuya finalidad es el seguimiento del mercado accionario mexicano considerando los criterios anteriores, conocido como IPC Sustentable, por lo anterior se planteó como objetivo analizar el rendimiento promedio a un año de las empresas que integran la actual muestra del IPC Sustentable de México, comparándolo con el promedio del coeficiente Beta que tienen dichas empresas, concluyendo que el rendimiento promedio anual del IPC Sustentable a un año fue negativo en un 3.59%, con una beta en promedio del 0.9, lo que puede cambiar de acuerdo al periodo de observación por el dinamismo en los mercados y las condiciones económicas en México y el mundo.

Palabras clave: Rendimiento, IPC Sustentable e Inversión.

Abstract

According to international trends in sustainable matter and as part of the growing importance that have in the markets: the corporate governance and environmental and social subjects, for this reason the Mexican Stock Exchange created a new product group that emerges with the purpose to monitoring the Mexican stock market considering the above criteria, known as IPC Sustainable. The objective for this investigation is to analyze the performance for one year of companies that make up the current sample of IPC Sustainable in Mexico, compared with their average coefficient beta, concluding that the average annual return of IPC Sustainable in one year was negative in 3.59% with an average beta of 0.9, this results can change according to the period of observation for market dynamism and economic conditions in Mexico and the world.

Introducción

De acuerdo con la Bolsa Mexicana de Valores (2015 c) recientemente se ha incrementado la tendencia por parte de los inversores que buscan empresas sustentables en las cuales invertir sus recursos, partiendo de la premisa de que las empresas sustentables generan valor agregado en el largo plazo por lo que consideran que dichas empresas estarán mejor preparadas para adaptarse a los retos económicos, sociales y ambientales que puedan presentarse en un futuro, debido a lo anterior la Bolsa Mexicana de Valores en un esfuerzo por incentivar la inclusión de las empresas al proceso de incorporación de prácticas sustentables y socialmente responsables es que creó a partir de Diciembre de 2011 un nuevo grupo de productos con la finalidad de dar seguimiento al mercado accionario en México a través de una serie de índices cuya función es ser utilizados como subyacentes que consideren especialmente empresas ampliamente reconocidas en cuestión de sustentabilidad; cabe señalar que a la par de dichas medidas la Bolsa Mexicana de Valores implementa otras iniciativas sustentables como las siguientes: Trabajar en forma conjunta con la Organización de las Naciones Unidas con la finalidad de capacitar e incentivar a las empresa que cotizan en dicha Bolsa para fomentar la firma del Pacto Global de Naciones Unidas, implementación de talleres y capacitaciones respecto a los beneficios de incorporarse a los principios para la inversión responsable, dirigidos especialmente para los fondos de pensiones que, así como llevar a cabo talleres de forma conjunta con el Banco Interamericano para el Desarrollo respecto a los proyectos de carbono brindándoles asesoría para su financiamiento.

Respecto al proceso de evaluación por el cual se determinan cuáles empresas conformarán la muestra del IPC Sustentable en la Bolsa Mexicana de Valores (2015 a) se instrumentó una metodología particular que atiende los principios y prácticas reconocidas a nivel internacional con la colaboración de terceros expertos en la materia con el objetivo de analizar y comparar las prácticas que han implementado las emisoras mexicanas que se encuentran listadas en esta Bolsa y las cuales se destacan por acciones en tres pilares: Ambiental, Social y Gobierno Corporativo. En dicha evaluación el calificar determina el grado de adhesión a las mejores prácticas internacionales de acuerdo con la información pública a la que se tiene acceso de forma transparente a través de los reportes emitidos por la emisora o por medio de la divulgación de información mediante la página web de la empresa en cuestión, de tal modo que con la información a la que tienen acceso los inversionistas o analistas, se tengan fundamentos sólidos, validables y transparentes en todo momento de análisis para la toma de decisiones. Para lograr lo anterior la Bolsa Mexicana de valores cuenta con el apoyo de un calificador independiente, la Universidad Anáhuac México Sur, institución académica que de acuerdo con la Nota Metodológica del IPC Sustentable actualizada al 27 de marzo de 2015 es quien analiza bajo su propia metodología sin injerencia de la Bolsa Mexicana de Valores y el cual está sujeto a cambios por parte del calificador, debido a que las mejores prácticas son dinámicas, así como en función del tipo de industria al que pertenezca la emisora en revisión. Cabe señalar que entre los criterios de medición utilizados por la calificadora utilizan las recomendaciones de: 1. Principios del Pacto Mundial, 2. Principios de la Inversión del UN-PRI, 3. Principios relevantes del Pacto Mundial, 4. Recomendaciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 5. Principios del Banco Mundial quien promociona a nivel mundial el buen Gobierno Corporativo, 6. Así como la norma ISO 14000 que trata acerca de la Industria Limpia.

Entre los criterios de selección que se realizan para la evaluación de las emisoras que conforman la muestra del IPC Sustentable, dicho proceso consta de tres filtros: 1. En el primer filtro se traba con las cifras al cierre del mes de marzo en donde la Bolsa Mexicana de Valores determina el universo de emisoras que serán analizadas por el Calificador, de acuerdo con los siguientes criterios: I. Contar con al menos tres meses de calendario de negociación continua, II. Contar con al menos el 12% de acciones flotantes o un valor de capitalización mayor o igual a 10 millones de pesos al cierre de marzo, considerada como una medida de disponibilidad en el mercado, III. Estar entre las emisoras que más rotación tengan en el mercado en los últimos seis meses hasta el cierre de marzo, considerado como un factor de liquidez, IV. Poseer un valor de capitalización flotado al cierre de marzo, bajo el esquema de redondeo del porcentaje de acciones flotantes mayor o igual al 0.01% del IPC CompMx, como medida de tamaño. Después de pasar los criterios anteriores las emisoras están en posibilidad de llegar al segundo filtro en el cual el calificar (Universidad Anáhuac México Sur) corre su proceso de evaluación a las emisoras para analizar la información correspondiente al ejercicio fiscal previo del que cada una de las emisoras ha publicado recientemente, considerando la oportunidad en la publicación de su informe anual y cuestión de sustentabilidad con cierre al 31 de mayo del año en curso, además de llevar a cabo un análisis detallado de la información detallada recabada por medio de sus sitios web, posterior a su evaluación el calificador entrega a la Bolsa Mexicana de Valores en el último trimestre del año en curso los resultados respecto a los tres pilares de la sustentabilidad: 1. Medio Ambiente, 2. Responsabilidad Social y 3. Gobierno Corporativo, cabe señalar que los resultados de cada pilar tienen una ponderación de 33.33%, en donde las emisoras seleccionadas serán aquellas que obtengan una calificación final conjunta superior al promedio del 80% respecto de las emisoras mejor calificadas. Por último la Bolsa Mexicana de Valores valida en el tercer filtro los criterios siguientes: 1. Tener un mínimo de 30% de acciones flotantes y/o un valor de capitalización flotado mayor o igual a 10 millones de pesos, considerando el precio promedio ponderado por volumen de los últimos tres meses, en dicho cálculo cabe aclarar que las acciones flotantes son las acciones que resultan de restar a la totalidad de acciones inscritas en la Bolsa Mexicana de Valores, aquellas acciones que se encuentren en alguno de los supuestos de manos firmes entre los que se encuentran: 1. Acciones que se encuentren en la tesorería de la emisora, 2. Acciones en manos de directivos de primer nivel y consejeros, 3. Acciones que se encuentren con personas físicas o morales que mantengan el 30% o más de las acciones listadas o títulos de crédito que representen a la compañía, 4. Accionistas de control, 5. Fideicomisos de control, 6. Personas físicas o morales que posean vínculos patrimoniales y/o de parentesco con los accionistas de control que ostenten por lo menos el 1% de las acciones listadas o títulos de crédito que representen a la compañía, 7. Empresas tenedoras de la emisora en cuestión, 8. Socios estratégicos, 9. Gobiernos nacionales o extranjeros que funjan como accionistas y no como parte de un portafolio diversificado de inversión que busque un rendimiento determinado, 10. Títulos representativos del capital social de la emisora en propiedad de Instituciones que actúen como fiduciarias de fideicomisos, construidos con la finalidad de establecer fondos de pensiones, jubilaciones o primas de antigüedad del personal de la emisora, de opciones de compra para empleados, así como cualquier otro fondo con fines a los anteriores constituidos por la Emisora o en cuyo caso su patrimonio fiduciario sea participe, 11. Personas físicas o morales con derecho de inmovilizar acciones de la emisora, por algún acto jurídico o por

contrato celebrado con la compañía, cuyo activo subyacente o valor se encuentre referido a las acciones de la emisora, 12. Personas físicas o morales a las que por acto jurídico o contrato celebrado con la emisora, se les haya otorgado en garantía acciones de la emisora, 13. Personas físicas o morales que hayan adquirido acciones de la emisora con una tenencia mayor al 10% y hasta al 30% quienes hayan revelado su intención de tener influencia significativa en la empresa. II. Además de mantener niveles aceptables de liquidez de acuerdo con su Índice de Bursatilidad y su Factor de Rotación de los últimos 12 meses al cierre de diciembre del año en que se están analizando los criterios de selección. El tamaño de la muestra será como máximo de 30 emisoras, de acuerdo con la lista de emisoras que seleccione el calificador contratado por la Bolsa Mexicana de Valores, siempre y cuando cumplan los requisitos de los filtros primero y tercero, con la salvedad de que en caso de que alguna empresa que forme parte de la misma realice una escisión, en cuyo caso la nueva serie accionaria se integrará inmediatamente al índice y permanecerá hasta la siguiente fecha de revisión de la muestra en la que se verifique que cumpla con cada uno de los filtros ya mencionados (Bolsa Mexicana de Valores, 2015 a).

Los pesos relativos máximos por cada serie accionaria que integre la muestra no podrán ser superiores al 15% al inicio de su vigencia, además de que las cinco series accionarias más importantes no podrán ostentar un peso relativo acumulado mayor al 60%, aclarando que en caso de rebasar los límites antes mencionados los pesos relativos se ajustarán redistribuyendo los excesos proporcionalmente entre las emisoras que integran la muestra. Cabe destacar que la revisión de las series accionarias que integran la muestra del IPC Sustentable se lleva a cabo una vez al año durante el mes de enero, entrando en vigor el primer día hábil del mes de febrero, a menos que se presente alguna situación especial, en cuyo caso se realizarían las modificaciones de acuerdo con las necesidades del mercado, mientras que en caso de que alguna emisora que integre la muestra estuviera sujeta a un proceso de oferta pública de adquisición, fusión o algún otro evento extraordinario que implique la intención formal o implicación de cancelación de su listado en la Bolsa Mexicana de Valores, las acciones que sean objeto de la oferta de adquisición se retirarán de la muestra del IPC Sustentable el mismo día en que se concrete la operación en la Bolsa, en tal caso el lugar que ocupaban dichas acciones será ocupado por una nueva serie accionaria bajo los mismo criterios de selección antes descritos, adicionalmente la Bolsa Mexicana de Valores informará al mercado de forma oportuna respecto de dichos cambios, aclarando que en ningún caso las emisoras que se encuentren concurso mercantil podrán ser elegibles para formar parte de la muestra (Bolsa Mexicana de Valores, 2015 a).

El **Objetivo general** planteado para la presente investigación es: analizar el rendimiento promedio a un año de las empresas que integran la actual muestra del IPC Sustentable de México, comparándolo con el promedio del coeficiente Beta que tienen dichas empresas. Planteado la siguiente **pregunta de investigación**: ¿Cuál es el rendimiento promedio que han tenido a un año las empresas que integran la muestra actual del IPC Sustentable de México como instrumento de inversión?

Metodología

Para lograr lo anterior, se utilizó el método cuantitativo para determinar el rendimiento promedio en un año de las 34 empresas que integran la muestra actual del IPC Sustentable en México, elegidas de acuerdo con los lineamientos de la Bolsa Mexicana de Valores (2015 a) y que considera a las siguientes emisoras: 1. Arca Continental, SAB de CV, 2. Grupo Aeroméxico, SAB de CV, 3. Alfa, SAB de CV, 4. Alsea SAB de CV, 5. América Móvil, SAB de CV, 6. Grupo Aeroportuario del Sureste, SAB de CV, 7. Axtel, SAB de CV, 8. TV Azteca, SAB de CV, 9. Grupo Bimbo SAB de CV, 10. Bolsa Mexicana de Valores SAB de CV, 11. Cemex, SAB de CV, 12. Controladora Comercial Mexicana, SAB de CV, 13. Grupo Elektra, SAB de CV, 14. Fondo Económico Mexicano, SAB de CV, 15. Gentera SAB de CV, 16. Grupo Financiero Banorte, SAB de CV, 17. Grupo México, SAB de CV, 18. Grupo Herdez SAB de CV, 19. Empresas ICA, SAB de CV, 20. Infraestructura Energética NOVA, SAB de CV, 21. Kimberly-Clark de México SAB de CV, 22. Coca-Cola Femsa, SAB de CV, 23. Genoma Lab Internacional, SAB de CV, 24. Grupo Lala, SAB de CV, 25. Mexichem, SAB de CV, 26. OHL México, SAB de CV, 27. Grupo Aeroportuario del Centro Norte SAB de CV, 28. Industrias Peñoles, SAB de CV, 29. Grupo Financiero Santander México, SAB de CV, 30. Organización Soriana, SAB de CV, 31. Grupo Sports World, SAB de CV, 32. Grupo Televisa, SAB, 33. Corporación Inmobiliaria Vesta, SAB de CV y 34. Wal-Mart de México, SAB de CV. Cabe señalar que el rendimiento a un año y el coeficiente Beta se obtuvieron de la página Investing.com (2015) para cada una de las 34 emisoras que integran la muestra actual del IPC Sustentable en dicha página se ofrece un resumen financiero respecto a las cotizaciones de los instrumentos de inversión que se ofertan en los mercados internacionales, considerando las cotizaciones históricas de cada instrumento, por lo que sus índices son dinámicos, ya que día con día cambian de acuerdo con los valores de cotización del mercado en tiempo real, a continuación se muestra un extracto de los datos que se pueden consultar en dicha fuente:



Figura 1. Extracto del resumen financiero por cada Instrumento de la Página Investing.com. Fuente: Investing.com (2015).

Resultados y discusión

En la tabla siguiente se presenta un concentrado con los resultados obtenidos, por cada una de las empresas o emisoras que integran la muestra actual del IPC Sustentable en México.

Tabla 1. Rendimiento a un año de la muestra del IPC Sustentable en México. Fuente Elaboración propia.

No.	Clave Emisora	Serie	Sector	Sub ramo	Beta	Rendimiento a un año
1	AC	*	Productos de Consumo Frecuente	Producción de Bebidas no Alcohólicas	0.81	1.41%
2	AEROMEX	*	Industrial	Líneas Aéreas	0.32	14.86%
3	ALFA	A	Industrial	Controladoras	1.45	-17.75%
4	ALSEA	*	Servicios y Bienes de Consumo no Básico	Restaurantes	1.26	2.36%
5	AMX	L	Servicios de Telecomunicaciones	Servicios de Telecomunicaciones Inalámbricas	0.84	22.01%
6	ASUR	B	Industrial	Servicios de Aeropuertos	0.94	36.73%
7	AXTEL	CPO	Servicios de Telecomunicaciones	Servicios de Telecomunicaciones Integrados	0.67	-3.52%
8	AZTECA	CPO	Servicios de Telecomunicaciones	Servicios de Radio y Televisión	0.46	-48.31%
9	BIMBO	A	Productos de Consumo Frecuente	Producción y Comercialización de Alimentos	0.65	3.56%
10	BOLSA	A	Servicios Financieros	Servicios de Negociación de Activos Financieros	1.25	0.53%
11	CEMEX	CPO	Materiales	Materiales de Construcción	1.83	-18.93%
12	COMERCI	UBC	Productos de Consumo Frecuente	Supermercados e Hipermercados	0.78	1.42%
13	ELEKTRA	*	Servicios y Bienes de Consumo no Básico	Venta de Equipamiento para el Hogar	0.82	5.91%
14	FEMSA	UBD	Productos de Consumo Frecuente	Bebidas Diversas	0.51	27.90%
15	GENTERA	*	Servicios Financieros	Controladoras	0.69	-0.50%
16	GFNORTE	O	Servicios Financieros	Grupos Financieros	1.21	-7.53%
17	GMEXICO	B	Materiales	Minería y Otros Metales	1.4	1.31%
18	HERDEZ	*	Productos de Consumo Frecuente	Producción y Comercialización De Alimentos	0.73	2.02%
19	ICA	*	Industrial	Construcción e Infraestructura	1.36	-51.71%
20	IENOVA	*	Energía	Almacenado y Transporte de Petróleo y Gas	NA	5.24%

No.	Clave Emisora	Serie	Sector	Sub ramo	Beta	Rendimiento a un año
21	KIMBER	A	Productos de Consumo Frecuente	Productos Domésticos	1.02	6.06%
22	KOF	L	Productos de Consumo Frecuente	Producción de Bebidas no Alcohólicas	0.31	-14.65%
23	LAB	B	Salud	Distribución de Medicamentos	0.77	-55.32%
24	LALA	B	Productos de Consumo Frecuente	Producción y Comercialización de Alimentos	NA	0.26%
25	MEXCHEM	*	Materiales	Productos Químicos Diversos	1.51	-20.27%
26	OHLMEX	*	Industrial	Concesionarias de Infraestructura	0.58	-48.57%
27	OMA	B	Industrial	Servicios de Aeropuertos	0.67	61.56%
28	PEÑOLES	*	Materiales	Minerales y Metales Preciosos	1.09	-23.29%
29	SANMEX	B	Servicios Financieros	Grupos Financieros	0.11	-14.82%
30	SORIANA	B	Productos de Consumo Frecuente	Supermercados e Hipermercados	1.05	-18.50%
31	SPORT	S	Servicios y Bienes de Consumo no Básico	Centros Recreativos y de Esparcimiento	0.43	-6.73%
32	TLEVISA	CPO	Servicios de Telecomunicaciones	Servicios de Radio y Televisión	1.04	26.65%
33	VESTA	*	Industrial	Desarrollos Inmobiliarios	NA	-7.39%
34	WALMEX	*	Productos de Consumo Frecuente	Supermercados e Hipermercados	1.34	16.11%
Promedio					0.9	-3.59%

Como se observa en la tabla 1, la muestra está conformada por empresas de distintos sectores entre los que se encuentran los siguientes: Productos de consumo frecuente, industrial, servicios y bienes de consumo no básico, servicios de telecomunicaciones, servicios financieros, materiales, energía, salud. Mientras que de acuerdo con el sub ramo al que pertenecen las emisoras, las actividades que desempeñan se relaciona con la: Producción de bebidas no alcohólicas, líneas Aéreas, controladoras, restaurantes, servicios de telecomunicaciones inalámbricas, servicios de aeropuertos, servicios de telecomunicaciones integrados, servicios de radio y televisión, producción y comercialización de alimentos, servicios de negociación de activos financieros, materiales de Construcción, supermercados e hipermercados, venta de equipamiento para el hogar, bebidas diversas, grupos financieros, minería y otros metales, producción y comercialización de alimentos, construcción e Infraestructura, almacenado y transporte de petróleo y gas, productos domésticos, distribución de medicamentos, productos químicos diversos, concesionarias de infraestructura, centros recreativos y de esparcimiento y desarrollos Inmobiliarios.

Respecto a los coeficientes beta estos oscilan entre 0.32 que corresponde a la emisora Grupo Aeroméxico, SAB de CV y 1.83 perteneciente a la emisora Cemex, SAB de CV, dicho, cabe señalar que de acuerdo con el diccionario de Expansión (2015) la beta de un activo financiero representa una medida de sensibilidad de la rentabilidad de un activo financiero respecto a los cambios en la rentabilidad de una cartera de referencia o índice de referencia, que para este caso en cuestión se compara con el rendimiento promedio del mercado, además generalmente dicha comparación se realiza con el índice bursátil más representativo del mercado en que se negocia dicho activo financiero en cuestión, en donde una beta menor que la unidad representaría una variabilidad menor al índice de referencia o al mercado, mientras que una beta mayor a uno representa una mayor variabilidad del activo financiero que el índice de referencia o el mercado, notablemente dependerá del sentido de variación (positivo o negativo) que presente el mercado el efecto en la empresa de tal forma que ante una variación positiva una empresa con una beta menor a 1, su rendimiento será menor al promedio del mercado en la medida en que se aleje de la unidad, mientras que para una beta superior a uno la empresa en cuestión tendrá un rendimiento superior al promedio del mercado proporcional a la diferencia del coeficiente beta que posea la empresa al restar la unidad. En cuanto al intervalo que se tiene de rendimiento a un año por parte de las emisoras que conforman la muestra actual del IPC Sustentable en México se encontró que existe bastante variabilidad debido a que el rendimiento más bajo lo ostenta Genoma Lab Internacional, SAB de CV con un rendimiento negativo de 55.32%, mientras que el mayor pertenece al Grupo Aeroportuario del Centro Norte SAB de CV con un rendimiento positivo de 61.56%.

Trabajo a futuro

En siguientes estudios pudiera analizarse periodos más amplios de información para comparar el rendimiento del IPC Sustentable en México, en el corto y largo plazo, comparando los rendimientos obtenidos con variables macroeconómicas como la inflación.

Conclusiones

Finalmente después de analizar lo anterior se logró dar respuesta al **objetivo general** planteado: analizar el rendimiento promedio a un año de las empresas que integran la actual muestra del IPC Sustentable de México, comparándolo con el promedio del coeficiente Beta que tienen dichas empresas, ya que como se observa en la tabla 1 el rendimiento a un año en promedio para las 34 emisoras que integran la actual muestra del IPC Sustentable fue negativo en un 3.59%, lo que implica que en lugar de generar recursos adicionales hubo una pérdida de valor del 3.59%, que comparado con el promedio del coeficiente beta de las 34 emisoras de dicha muestra se tuvo un índice del 0.9 lo que implica que el IPC Sustentable obtuvo un rendimiento ligeramente menor al rendimiento promedio del mercado, por ser cercano a la unidad, situación que puede cambiar de acuerdo al periodo de observación de los instrumentos de inversión, además del dinamismo y volatilidad que existe en los mercados y generado por las expectativas que tienen los inversionistas en los mercados financieros, así como los efectos de las condiciones económicas y políticas en México y el mundo.

Respecto a la **pregunta de investigación** planteada: ¿Cuál es el rendimiento promedio que han tenido a un año las empresas que integran la muestra actual del IPC Sustentable de México como instrumento de inversión? se llegó a la conclusión que el rendimiento a un año en promedio obtenido de menos 3.59% es proporcional al tipo de riesgo que se pretende obtener, pues como bien es sabido a mayor riesgo, mayor rendimiento, por lo que con un coeficiente beta del 0.9 % se esperaría tener un rendimiento conservador tanto en caso de alza o en el caso de una baja en el mercado, ahora bien como se pudo observar en los rangos de rendimiento obtenidos por las 34 empresa que integran la muestra actual del IPC Sustentable en México se tiene bastante variabilidad en los rendimientos y por ende volatilidad en la inversión, ante una situación económica cambiante a la cual los mercados financieros no están exentos de ella y notablemente en donde se producen oportunidades cada día de ganar o perder recursos financieros en función del momento en que se decida comprar o vender un determinado activo financiero.

Agradecimientos

Al CONACYT y la Universidad Autónoma de Aguascalientes por los apoyos brindados como alumna becaria del Doctorado en Ciencias Administrativas.

Referencias

1. Bolsa Mexicana de Valores S.A.B. de C.V. (2015 a). Muestra del IPC Sustentable. Recuperado el 13 de Mayo de 2015 de http://www.bmv.com.mx/es/Grupo_BMV/Tipos_de_indices#.VakQl6R_Oko
2. Bolsa Mexicana de Valores S.A.B. de C.V. (2015 b). Nota Metodológica del IPC Sustentable. Recuperado el 13 de Mayo de 2015 de http://www.bmv.com.mx/wb3/work/sites/BMV/resources/LocalContent/2686/8/NotaMet_IPC_Sustentable_Ene2013.pdf
3. Bolsa Mexicana de Valores S.A.B. de C.V. (2015 c). Responsabilidad Social. Recuperado el 13 de Mayo de 2015 de http://www.bmv.com.mx/es/Grupo_BMV/Mercado_responsabilidad_social#.VdDMltR_Oko
4. Expansión.com (2015). Beta de un activo financiero. Recuperado el 01 de Agosto de 2015 de <http://www.expansion.com/diccionario-economico/beta-de-un-activo-financiero.html>
5. Investing.com (2015). Acciones en tiempo real. Recuperado el 01 de Julio de 2015 de <http://mx.investing.com/equities/>

Aspectos ambientales en los procesos de innovación de las empresas manufactureras en México centro norte.

C. A. Rodríguez Cedillo^{1*}, R. González Acolt² & F. J. S. Leal Medina³

¹Estudiante de la licenciatura en Mercadotecnia Internacional, Universidad Politécnica de San Luis Potosí, Urbano Villalón 500, La Ladrillera, C.P. 78363, San Luis Potosí S.L.P., México

²Departamento de Economía, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 20131, Aguascalientes, Ags., México

³Departamento de Administración Financiera, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 20131, Aguascalientes, Ags., México.

*120157@upslp.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen

El objetivo de este proyecto consistió en dar un seguimiento a las empresas manufactureras de la región centro norte de México con certificado ambiental en industria limpia durante el periodo 2006 - 2014, con el propósito de identificar si la constante certificación es un factor determinante de la innovación ambiental organizacional en las empresas de esta zona. Los principales hallazgos muestran que las organizaciones que más se preocupan por obtener el certificado ambiental más de una vez son las grandes corporaciones, por ende, estas empresas reducen el daño al medio ambiente en sus procesos de manufactura mediante la innovación ambiental organizacional.

Palabras clave: *Innovación ambiental organizacional, empresa manufacturera, certificación ambiental, región centro norte.*

Abstract

The objective of this project was to make a tracking of manufacturing enterprises in the Mexico's north centre region with the environmental certification "industria limpia" during the lapse 2006 – 2014, with the intention to identify if the continual certification is a determinant factor of environmental organizational innovation in the companies of this region. The principal findings show that the enterprises more worried about to obtain the environmental certificate more than once are the biggest corporations, thus, this companies reduce the environmental damage in their manufacturing processes through environmental organizational innovation.

Introducción

La política ambiental en México consta de tres fases, según Domínguez [2006], la primera etapa se basó en la aplicación de un marco normativo para beneficio del medio ambiente, sustentada en los permisos, inspecciones y sanciones. En el paso dos, encontramos los instrumentos económicos fiscales utilizados para impulsar el cambio tecnológico en las empresas manufactureras de México como la depreciación acelerada y el arancel cero. Por último, en la tercera fase se tienen los instrumentos voluntarios ambientales definidos como las acciones de compromiso que las empresas diseñan para mejorar su desempeño ambiental más allá de los requisitos legales [Medina, 2008].

Los esquemas voluntarios ambientales se pueden ligar a la innovación de las empresas. La OCDE/EUROSTAT [2006], clasifica la innovación en tres tipos: Innovación en productos, innovación en procesos e innovación en la organización. Dado que el medio ambiente juega un papel importante en las decisiones de innovación de las firmas, a la clasificación anterior se le puede añadir el enfoque ambiental: Innovación ambiental en productos, innovación ambiental en procesos e innovación ambiental organizacional. Ésta última, incluye la re-organización de los procesos y responsabilidades dentro de la firma con el objetivo de reducir el impacto ambiental [Rennings

y col., 2006]. Ejemplos característicos que miden tal innovación son los Esquemas de Auditoría de Administración Ambiental de la Unión Europea (EMAS por sus siglas en inglés). Para el caso de México, es el Programa Nacional de Auditorías Ambientales (PNA) creado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). El PNA busca contribuir a la preservación del patrimonio natural, impulsando a las organizaciones para que mejoren su desempeño ambiental actual y de esta forma se genere riqueza, empleo y competitividad.

Un factor relevante del PNA es la auditoría ambiental, que es una evaluación metodológica de los procesos productivos de las empresas para contrarrestar el comportamiento negativo de las mismas en beneficio del medio ambiente. Este programa cuenta con tres tipos de certificaciones: Certificado bienal industria limpia dirigido a las empresas que realizan actividades de manufactura y transformación, certificado calidad ambiental para las empresas dedicadas a las actividades comerciales y de servicios y, finalmente, el certificado calidad ambiental turística que va dirigido a las empresas de servicios y actividades turísticas [PROFEPA, n.d.]. Ahora bien, el hecho de que una empresa ponga fin a una actividad no es una innovación, aunque eso mejore sus resultados [OCDE/EUROSTAT, 2006], por lo que se puede considerar que un factor determinante de la innovación ambiental organizacional es la constante certificación. El presente trabajo buscó analizar si la innovación ambiental organizacional –medido por la constante certificación ambiental en industria limpia por parte de la PROFEPA–, en la actividad manufacturera de la región centro norte en el periodo 2006-2014 es un elemento que contribuye a explicar si este tipo de industria en México está llevando a cabo tal innovación.

Metodología

En esta investigación nos enfocamos en el sector productivo manufacturero de México. Como referencia para delimitar el área de estudio se consultó la clasificación por regiones que emite el Banco de México [BANXICO, 2014], que agrupa la república mexicana en cuatro regiones; norte, centro norte, centro y sur. De esta forma, se eligió la región centro norte¹ que incluye los estados de Aguascalientes, Baja California Sur, Colima, Durango, Jalisco, Michoacán, Nayarit, San Luis Potosí, Sinaloa y Zacatecas. Basándonos en la información obtenida de las publicaciones de empresas certificadas en el lapso 2006 - 2014 en la página web de PROFEPA [n.d.], se le dio un seguimiento a las empresas manufactureras certificadas en industria limpia que forman parte de la región, para cotejar los periodos en que éstas se han certificado.

El tamaño de las empresas se clasificó de acuerdo al decreto del Diario Oficial de la Federación (2009), donde las empresas pueden ser micro, pequeñas, medianas o grandes conforme al número total de empleados que éstas poseen.² Con esta referencia, se inquirió en la página del INEGI [2014], para realizar una búsqueda en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), con el nombre de cada empresa según la información de empresas certificadas de la PROFEPA, para conocer el rango de empleados que tenía y de esta manera estratificarla según su tamaño.

Una vez clasificado el tamaño y la cantidad de veces que obtuvieron el certificado ambiental en el lapso 2006 - 2014 las empresas de la región centro norte, se estimaron económicamente una serie de ecuaciones para probar cómo se está realizando la innovación ambiental organizacional en las empresas.

Ahora bien, el sustento empírico de estas ecuaciones se basó en la investigación de Montiel y Husted [2009], quienes analizaron la implementación de los programas de gestión ambiental -certificado industria limpia e ISO 14001-, por las empresas mexicanas, estos autores midieron el emprendedurismo institucional basado en la etapa inicial y posterior en que las firmas adoptaron estos programas ambientales, su variable dependiente categórica (= 0 para los no adoptadores; = 1 para los últimos implementadores; = 2 para las que acogieron estos esquemas voluntarios en su etapa inicial) la relacionaron con una serie de variables explicativas como el tamaño de la empresa –medida por el número de empleados–, aunque cabe aclarar que esta variable solo fue

¹ El criterio de selección de la región se sustentó en que la región centro norte ha presentado una mayor expansión y dinamismo en la industria manufacturera durante los últimos meses del 2014 [BANXICO, 2014]. Además el motivo de interés personal, debido a que dentro de esta área geográfica se encuentran los estados donde los investigadores radican actualmente.

² Clasificación de las empresas determinada por la Secretaría de Economía [2009] a través del decreto emitido por el Diario Oficial de la Federación, según el número de empleados en el sector industrial: Micro: de 1 a 10 empleados, pequeña: de 11 a 50 empleados, mediana: de 51 a 250. Cabe mencionar que en el acuerdo no establece la cantidad de empleados que una grande empresa posee, pero se da por entendido que son éstas las que emplean de 251 personas en adelante.

significativa al 10 %. Asimismo, otro trabajo guía para fundamentar las ecuaciones empleadas en nuestro trabajo fue el de Dasgupta y col., [1997], los cuales relacionaron el desempeño ambiental de las empresas en México en función del tamaño de éstas (grande, mediano y pequeño) y de otro conjunto de variables. También, en términos generales en los estudios de Arimura y col., [2011]; Nishitani [2009]; Arimura y col., [2008]; Welch y col., [2002]; Nakamura y col., [2001]; emplean una variable dependiente binaria o dummy de gestión ambiental (certificación ISO 14001), en función de una serie de variables explicativas, dentro de las cuales se incluye el tamaño de las empresas, expresada por el número de empleados.

Los estudios citados anteriormente, fundamentan el uso y empleo de las ecuaciones de la presente investigación, además de justificar los valores asignados a las variables. En el primer modelo (ecuación 1) se relacionó el número de certificaciones que obtuvieron las empresas en el periodo con su tamaño, de esta manera fue posible estimar la probabilidad de que una empresa -dado su tamaño- se certifique más de una vez en el periodo referido.

$$y = \beta_0 + \beta_1 E_1 + \beta_2 E_3 + \beta_3 E_4 + \mu \quad (1)$$

Donde y toma el valor de 1 cuando la empresa logró obtener más de una certificación en industria limpia durante el periodo 2006-2014 y el valor cero, cuando ésta sólo se certificó una vez; $E_1 = 1$, cuando la empresa es micro y $E_1 = 0$, en caso contrario; $E_3 = 1$, si la empresa es mediana y $E_3 = 0$, si la empresa es de otro tamaño; $E_4 = 1$, si la empresa es grande y $E_4 = 0$, cuando las empresas no son grandes; β_0 , β_1 , β_2 y β_3 son los parámetros poblacionales, donde β_0 representa la empresa de comparación, en este caso las pequeñas empresas y μ representa el término de error. La hipótesis a tratar es que la diferencia entre las pequeñas empresas y cada una de las tres restantes –micro, mediana y grande- no influye en la probabilidad de obtener dos o más certificaciones de industria limpia.

También se estimaron modelos de regresión lineal simple expresados en las ecuaciones (2) - (5), donde se relacionó el tamaño de cada empresa con el número de certificaciones obtenidas durante el periodo 2006-2014, con el fin de calcular las probabilidades de obtener la certificación ambiental por parte de la PROFEPA según la dimensión de la empresa. La hipótesis a comprobar para cada ecuación es que la posibilidad de conseguir la certificación en más de una ocasión no se ve afectada, según corresponda, porque la empresa sea de tamaño micro, pequeña, mediana o grande.

La ecuación (2) relaciona las micro empresas que se han certificado ambientalmente más de una vez.

$$E_1 = \beta_{01} + \beta_1 \text{CERT} + \mu_1 \quad (2)$$

Donde E_1 representa una microempresa; $\text{CERT} = 1$ si la microempresa obtuvo dos o más certificaciones en industria limpia, $\text{CERT} = 0$ cuando sólo obtuvo 1 certificación en el periodo, β_{01} es la intersección, β_1 es la pendiente y μ_1 es el término de perturbación. Para medir la probabilidad de que las empresas pequeñas practiquen la innovación organizacional ambiental, se empleó la ecuación (3).

$$E_2 = \beta_{02} + \beta_2 \text{CERT} + \mu_2 \quad (3)$$

Donde E_2 representa una pequeña empresa; $\text{CERT} = 1$, si la pequeña empresa se certificó dos o más veces, $\text{CERT} = 0$ cuando se certificó una sola vez, β_{02} y β_2 son los parámetros poblacionales y μ_2 representa el término de error. Para estimar la probabilidad de que las medianas empresas se certifiquen periódicamente en industria limpia se utilizó la ecuación (4).

$$E_3 = \beta_{03} + \beta_3 \text{CERT} + \mu_3 \quad (4)$$

Donde E_3 representa una mediana empresa; $\text{CERT} = 1$, si la mediana empresa obtuvo dos o más certificaciones, $\text{CERT} = 0$ cuando logró certificarse sólo una vez, β_{03} es la intersección, β_3 es la pendiente y μ_3 indica el término de error. Para medir la probabilidad de que una grande empresa obtenga certificado ambiental reiterativamente, se empleó la ecuación (5).

$$E_4 = \beta_{04} + \beta_4 \text{CERT} + \mu_4 \quad (5)$$

Donde E_4 representa una empresa grande; $CERT = 1$, si la grande empresa obtuvo dos o más certificaciones, $CERT = 0$ cuando logró certificarse sólo una vez, β_{04} indica la intersección, β_4 es la pendiente y μ_4 representa el término de error.

Debido a que la variable dependiente está limitada a los valores de 1 y 0 utilizamos el modelo de probabilidad lineal (MPL). El software empleado para calcular las ecuaciones (1) - (5) fue Eviews versión 8.1.

Resultados y discusión

De acuerdo a la información obtenida, del total de las 317 empresas que se certificaron una o más veces en industria limpia en la región centro norte entre 2006-2014, el 70 % fueron medianas y grandes como se observa en la figura 1. Un examen más minucioso permite ver que casi la mitad de estas firmas son grandes, este hecho como se notará líneas abajo tendrá un efecto considerable en la posibilidad de conseguir dos o más certificaciones ambientales de la PROFEPA en el periodo tratado.

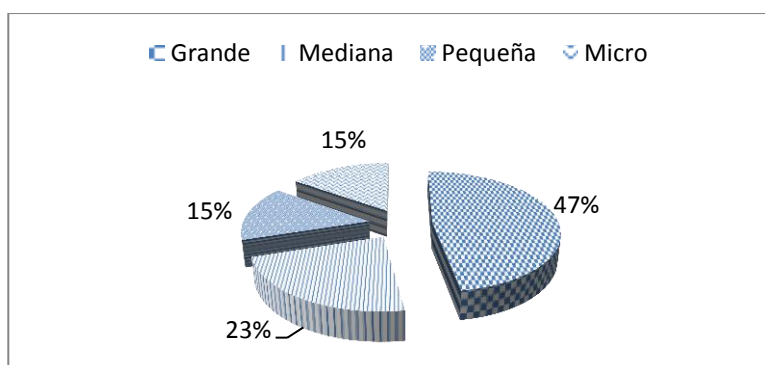


Figura 1. Tamaño de empresas certificadas durante el periodo 2006–2014 en la región centro norte

El número de veces que las empresas lograron obtener el certificado de industria limpia en la región y periodo de análisis fue muy variable y desigual (Véase tabla 1). Se puede observar que aproximadamente el 39% de las empresas se certificó sólo una vez, sin embargo esto implica que alrededor de dos terceras partes de las firmas manufactureras alcanzó la certificación de industria limpia en dos o más ocasiones. En la misma tabla 1 se observa que el número de medianas y grandes empresas siempre superó al de las micro y pequeñas que se certificaron en el intervalo de una a seis ocasiones.

Tabla 1. Número de certificaciones obtenidas por las empresas según su tamaño durante el periodo 2006-2014 en la región centro norte de México.

Número de certificaciones obtenidas en el periodo 2006-2014	Tamaño de la empresa	
	Micro/Pequeña	Mediana/Grande
1	43	78
2	24	59
3	19	56
4	3	28
5	2	4
6	0	1

Jalisco, fue la entidad de la región centro norte con el mayor número de empresas que consiguieron la certificación ambiental de industria limpia en más de una ocasión, le siguió San Luis Potosí, aunque con una cifra menor de unidades manufactureras con la misma condición de certificación (Véase Figura 2).

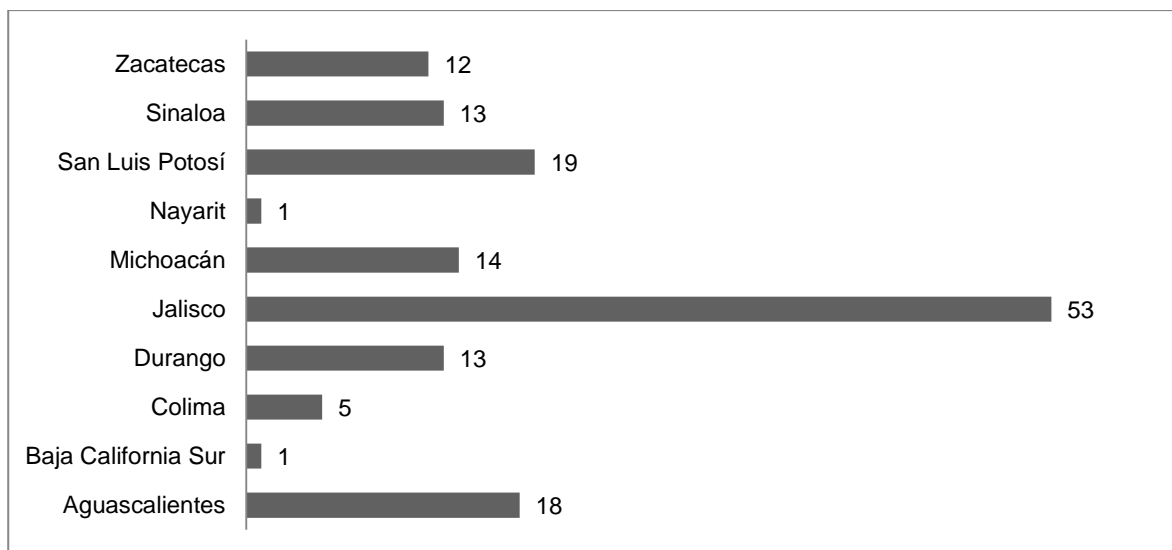


Figura 2. Número de empresas con más de una certificación en el periodo 2006-2014

Los resultados de la ecuación 1 aparecen expresados en la ecuación (6):

$$\hat{y} = 0.49 + 0.07E1 + 0.15E3 + 0.19E4 \quad (6)$$

Error estándar (0.07) (0.10) (0.08) (0.08)

La probabilidad de que las empresas pequeñas se certifiquen ambientalmente en más de una ocasión es del 49%, 7 puntos porcentuales debajo de las empresas micro, sin embargo, debido a que el coeficiente ligado a las microempresas estadísticamente no es significativo, las diferencias en tamaño entre ambas firmas para conseguir certificarse por más de una ocasión no están presentes. En la misma ecuación se demuestra que la probabilidad esperada para las medianas y grandes empresa de conseguir el certificado de industria limpia en más de una ocasión es mayor en 15% y 19%, respectivamente, que las firmas pequeñas. Existe significancia estadística para las manufacturas de tamaño mediano al 10% y al 5% para las unidades económicas grandes. Considerando estos niveles de significancia se puede argumentar que el hecho de que una compañía sea mediana o grande, en contraste con la pequeña manufactura, si afecta en la probabilidad de obtener una certificación de industria limpia por más de un periodo, es decir la diferencia en tamaño entre los dos tipos de empresas (medianas y grandes) y la pequeña empresa si influye en la continua certificación ambiental y por lo mismo en el desarrollo de la innovación ambiental organizacional.

Los resultados de las ecuaciones (2) – (5) se muestran en la tabla 2. El coeficiente de las unidades manufactureras grandes –modelo ecuación 5- es significativo al 10%, dado ese nivel de significancia estas firmas tienen una probabilidad de 48% de conseguir el certificado industria limpia en dos o más ocasiones. Obsérvese que en los resultados del modelo de la ecuación 3, la empresa pequeña cuenta con un coeficiente estadísticamente significativo al 5%, no obstante la posibilidad de que este tipo de unidad económica consiga certificarse ambientalmente por más de un periodo es solo alrededor del 11%. Los resultados de los modelos de las ecuaciones 2 y 4 se relacionan con la micro y mediana empresa, por lo cual las probabilidades de que este tipo de firmas alcancen la certificación industria limpia por más de una oportunidad en el periodo de estudio es de 13% y 27% respectivamente, sin embargo estadísticamente sus coeficientes no son significativos al 5%.

Lo mencionado en el párrafo anterior, revela que las unidades económicas grandes de la región centro norte tienen mayores posibilidades de conseguir el certificado de industria limpia en más de una ocasión, por lo cual podemos deducir que este tipo de organizaciones empresariales llevan a cabo la innovación organizacional ambiental con bases más sólidas en contraste con las manufacturas de tamaño micro, pequeñas y medianas, las cuales tienen una probabilidad baja de lograr repetir la certificación (pequeñas) o donde tal probabilidad, estadísticamente, no existe (micro y medianas).

Tabla 2. Estimación de los modelos (2) - (5)

	Modelo ecuación (2)	Modelo ecuación (3)	Modelo ecuación (4)	Modelo ecuación (5)
Intercepto	0.17*	0.19*	0.27*	0.38*
Pendiente	-0.04	-0.08*	0.017	0.102**
Número de observaciones	317	317	317	317

El rol de las grandes empresas en su contribución al desarrollo tecnológico y la innovación en la sociedad capitalista ha sido centro de acalorados debates en las esferas académicas, por ejemplo, Romo y Hill (2010) establecen que “Existen dos variables que han sido estudiadas en trabajos empíricos de manera constante desde que Schumpeter (1942) propuso que serían determinantes en el desempeño tecnológico e innovador de una compañía. Por una parte, está el tamaño de la empresa y por la otra, la concentración o estructura del mercado”. (p.79).

Siguiendo esta línea de razonamiento, las grandes corporaciones son las que tienen las mayores posibilidades de mejorar su desempeño ambiental, Domínguez [2006] encontró que los establecimientos industriales que declararon un mayor gasto anual para el control y medición de la contaminación en el periodo 1993–1998 fueron las medianas y grandes empresas. Estos hallazgos coinciden con los encontrados en este trabajo, en el sentido de que son las corporaciones manufactureras de gran tamaño, ubicadas en la región centro norte de México, las que realizan la innovación ambiental organizacional mediante la obtención en dos o más ocasiones del certificado industria limpia de la PROFEPA.

Trabajo a futuro

El área geográfica de estudio fue la región centro norte de México durante el periodo 2006-2014, lo cual nos limitó para llevar a cabo un análisis más inclusivo de la innovación ambiental organizacional de las empresas manufactureras en la República Mexicana, sin embargo es posible extender y enriquecer este estudio en un futuro si se compara como se da el proceso de innovación ambiental organizacional de las empresa manufactureras –medido por la constante certificación ambiental- en las diferentes regiones de México. Asimismo, como un trabajo futuro es conveniente incorporar otros programas de gestión ambiental, por ejemplo la certificación ISO 14001, el Programa Cuidado Responsable de la industria química; con el objetivo de contemplar otras formas de innovación ambiental organizacional que implementan las empresas manufactureras en México.

Conclusiones

Basado en los resultados derivados de esta investigación se puede afirmar que en la región centro norte de México la innovación ambiental organizacional es un factor dependiente de la magnitud que posee una empresa, debido a que son las grandes firmas manufactureras las que más practican este tipo de innovación por medio de la obtención del certificado industria limpia de forma periódica. Además, las diferencias en el tamaño de las organizaciones empresariales es un elemento importante para llevar a cabo esta manera de innovación, dado que son las unidades manufactureras medianas y grandes en comparación con las pequeñas las que pueden conseguir la certificación ambiental de la PROFEPA en dos o más ocasiones. El papel de la gran corporación, principalmente, en la innovación ambiental organizacional ya había sido destacado por Schumpeter [2010], para quien las características de la innovación -en general- son propiamente de las grandes empresas que se encuentran en un mercado concentrado. Probablemente, lo que limita a las micro y pequeñas empresas a conseguir la certificación industria limpia o a la nula participación en este tipo de certificaciones sea el gasto financiero que se necesita desembolsar en el logro de estas actividades.

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado bajo la supervisión del Dr. Roberto González Acolt, a quien me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento por su apoyo, además del tiempo y paciencia otorgados para el término exitoso de este proyecto.

Referencias

1. Arimura, T. H.; Darnall, N. and Katayama, H. (2011). Is ISO 14001 a gateway to more advanced voluntary action? The case of green supply chain. *J. Environ. Econ. Manage.* (61) 170-182.
2. BANXICO, (2014) *Reporte sobre las economías regionales*. Enero-Marzo 2015. Recuperado de: <http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/informes-periodicos/reportes-sobre-las-economias-regionales/%7B1C8EFC32-C12C-8393-6C29-5AF0A7F45686%7D.pdf>
3. Dasgupta, S.; Hettige, H.; and Wheeler, D. (1997). What improves environmental performance? Evidence from Mexican industry. *Development Research Group Working Paper Series*, 1877, Banco Mundial, Washington.
4. Diario Oficial de la Federación. (2009) *Acuerdo por el que se establece la estratificación de las micro, pequeñas y medianas empresas*. Recuperado de: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5096849&fecha=30/06/2009.
5. Domínguez, M. (2006). *México: Empresa e Innovación Ambiental*. México: Miguel Ángel Porrúa.
6. IHS Global Inc. (Versión 8.1) [Software de computación] Eviews 8.1. Irving: IHS Global Inc.
7. INEGI, (2014). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. Recuperado de: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/denue/default.aspx>.
8. Montiel, I. and Husted, B. (2009). The adoption of voluntary environmental management programs in Mexico: First movers as institutional entrepreneurs. *J. Bus. Ethics.* (88) 349-363.
9. Rennings, K.; Ziegler, A.; Ankele, K. and Hoffman, E. (2006). The influence of different characteristics of the UE environmental management and auditing scheme on technical environmental innovations and economic performance. *Ecol. Econ.* (57) 45-59.
10. Medina, V. (2008). La gestión ambiental voluntaria en el sector químico en México. En R. O. Jenkins & A. Mercado (Eds.), *El Ambiente e industria en México: Tendencias, regulación y comportamiento empresarial*. (pp. 197-246). México: Colegio de México, Centro de Estudios Económicos.
11. Nakamura, M.; Takahashi, T. and Vertinsky, I. (2001). Why Japanese firms choose to certify: A study managerial response to environmental issues. *J. Environ. Econ. Manage.* (42) 23-52
12. Nishitani, K. (2009). An empirical study of the initial adoption of ISO 14001 in Japanese manufacturing firms. *Ecol. Econ.* (68) 669-679.
13. OCDE/EUROSTAT (2006). *Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. París: OCDE. Recuperado de: http://www.uis.unesco.org/Library/Documents/OECD OsloManual05_spa.pdf. (fecha de consulta: 22-06-2015).
14. PROFEPA (n.d.). *Programa nacional de auditoría ambiental*. Recuperado de: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/26/1/mx/programa_nacional_de_auditoria_ambiental.htm
15. Romo D. and Hill P. (2010). Los determinantes de la innovación tecnológica en la industria manufacturera mexicana. En Bazdresch C. & Meza L. (Eds.), *La tecnología y la innovación como motores del crecimiento de México*. (pp. 73- 135). México: FCE.
16. Shumpeter, J.A. (2010). ¿Puede sobrevivir el capitalismo? La destrucción creativa y el futuro de la Economía global. España: Colección entre líneas.
17. Welch, E. W.; Mori, Y. and Aoyagi-Usui, M. (2002). Voluntary adoption of ISO 14001 in Japan: Mechanisms, stages and effects. *Bus. Strat. Env.* (11) 43-62.

Implicación económica de la privatización de pensiones en sustitución del modelo público, coordinado por más de medio siglo por el IMSS.

Manuel Rodríguez Cabiedes

Universidad del Valle de Orizaba. Prolongación de Avenida 20 de Noviembre no 1, esquina calle de los Censos, colonia El Espinal, C.P. 94330 Orizaba, Veracruz México.

Cabiedesm@prodigy.net.mx

Área de participación: Ingeniería administrativa

Resumen

El control social es alcanzado si se encuentra la sociedad en la búsqueda constante de las consideraciones elementalmente justas, que le permitan permanecer en el mayor tiempo posible en un estado de equidad. Es importante el punto, toda vez que el asegurado permanece durante toda su vida laboral contribuyendo a un sistema que deberá garantizar al retiro, por lo menos una retribución justa a sus años de trabajo. La presente investigación se interesa por mostrar la repercusión del cambio de régimen realizado en el año de 1995 en la ley del IMSS, a partir de los intereses y la visión específica de los asegurados.

Abstract

Social control is achieved if society finds itself in the constant search of considerations that are essentially just, that allow it to remain for the most time possible in a state of equity. It is important that the insured continue contributing during his working life to a system that should guarantee retirement, at least a just compensation to his years of work. This investigation is interested in showing the repercussion of the change of regimen established in 1995 in the law of IMSS, from the point of view of the specific interests of the insured.

Palabras clave: *Pensión, Plan, Estrategia, Legalidad.*

Introducción

Las determinaciones legales constituidas para reglamentar las prestaciones que un futuro pensionado debe recibir, obedecen a los parámetros de justicia adoptados por las estrategias gubernamentales y estos a su vez, se verán influenciadas directamente por la situación económica que prevalece. Cualquier cambio propuesto a la Ley obliga una revisión constante para identificar las mejoras o retrocesos sustanciales en el apercibimiento de los beneficios sociales constituidos en la seguridad social. La funcionalidad del sistema implica como su principal argumento la cobertura alcanzada directa o indirectamente por cada gobierno y ésta, a nivel mundial es variable según las estrategias que prevalecen en cada uno de ellos. Los acontecimientos históricos y las estructuras sociológicas han conformado una forma única de ver a la seguridad social en cada uno de los países que la poseen; tenemos que, aunque los sistemas partan de una misma concepción funcional y estructural, la sociedad por vía del estado tratara una solución diferente a los planteamientos de los problemas de las pensiones y en sí de todo el sistema de la seguridad social.

Metodología

- Objetivo

“Identificar si las determinaciones legales derivadas del cambio de régimen, implicarán una mejora en la economía del pensionado por vejez en nuestro país”

- Alcance de la investigación

Esta es una investigación representada por un Análisis Cuantitativo con carácter correlacional (Sampieri, 2006, pág. 104); donde se identifican las determinaciones legales constituidas en dos épocas diferentes, en lo que respecta a la seguridad social a cargo del IMSS, para ser sometidas a un análisis comparativo, con el objetivo de indicar como se relacionan las variables medidas y establecer tendencias en la sociedad mexicana con relación al ingreso de los pensionados por el ramo de vejez.

- Referencia teórica

La sociedad mexicana se organiza para hacer frente a sus necesidades de protección de acuerdo a los lineamientos establecidos durante más de 70 años de inclusión al sistema de seguridad Social; esto ha implicado, precisamente la revisión científica permanente donde se demuestra que el fenómeno social existe y que ha sido abordado por especialistas del tema, tanto en nuestro país como a nivel internacional. Tenemos las determinaciones jurídicas a partir de las cuales se señalan los lineamientos a seguir para la aplicación de la ley de la seguridad social, dando pie a diversos puntos de vista sobre el tema. Nos encontramos intervenciones documentadas a favor y en contra del nuevo sistema de seguridad social; comparativos interesantes con otros sistemas de seguridad social aplicados en otros países, sus resultados y consecuencias. La estadística, la sociología jurídica y la administración pública convergen y dan pauta al seguimiento de la presente investigación social.

Al respecto se señala puntualmente que:

“Antropología jurídica, en referencia al antropos concebido en su dimensión de hombre natural, cuya naturaleza le impulsa a vivir en sociedad. Pero, al vivir el hombre en una sociedad concreta y determinada y no en otra distinta; esta implicación no depende ya de la naturaleza, sino que se vuelve un asunto cultural, sustancialmente cultural. La sociabilidad humana es idéntica para todos, pero las sociedades y las culturas que ellas conforman son esencialmente distintas”. (Piñero, 2012, pág. 32)

- Planteamiento del problema

La administración de los recursos destinados al otorgamiento de las pensiones por vejez se alejan cada vez más del control de la administración pública, cediendo a la parte de las inversiones privadas, el manejo de los recursos de las cuentas individuales; naturalmente la iniciativa privada poco se ocupara de la parte justa de la retribución de las pensiones y por ende de las condiciones de vida del pensionado; esto es un asunto donde “el estado tiene un papel central y una responsabilidad fundamental a la cual no deberá renunciar por ningún motivo” (villagómez, 2007)

- Pregunta de investigación

¿Representa, el nuevo sistema de pensiones, una mejora en la economía del trabajador promedio?

- Justificación

El desarrollo de un trabajo de investigación de esta índole, obedece a la necesidad social de mejorar la vida de los adultos mayores, quienes participan en nuestra sociedad mexicana con un 6.26 % de la población total, que para el año 2012 se cuantifico en 120'847,477 personas, según consta en el informe presentado por el Banco Mundial¹. La encuesta Nacional de empleo y Seguridad Social (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2009)- señala con respecto al gasto en servicios de salud lo siguiente:

¹ http://www.bancomundial.org/infoannual/pdf/inf_02/010_022.pdf

“A pesar de los esfuerzos por universalizar la protección en salud, una proporción importante de la población aún no está protegida; de acuerdo con los cálculos de la Secretaría de Salud entre 2 y 3 millones de familias se empobrecen anualmente por tener que emplear más de la tercera parte de su ingreso para solventar sus gastos en salud. El gasto de bolsillo que se destina a la compra de medicamentos y consultas médicas afecta sobre todo a los hogares de más bajos ingresos. El reconocimiento de esta realidad obliga a investigar a cuánto asciende el gasto de las personas con y sin protección de los programas e instituciones de salud y seguridad social...”

- Participantes

Los afiliados al sistema de Seguridad Social a cargo del IMSS se cuantifican en 16,062.043 trabajadores asegurados² los cuales mantienen una relación de trabajo subordinado. La afiliación al sistema de seguridad social a los trabajadores en los cinco tipos de seguros que marca la ley del Seguro Social, parte de la determinación legal de considerar a la “relación de trabajo” como cualquier acto que le de origen a la prestación de un trabajo personal y subordinado a una persona, mediante el pago de un salario (Navarro, 1993, pág. 4)

Conceptos

- Origen y concepto de la seguridad social

La seguridad Social tuvo su origen en Alemania en el año de 1821, bajo el mandato del Káiser Guillermo II y fue fuertemente impulsada por el Canciller Otto von Bismarck (a su apellido se debe el nombre de un modelo de pensión), quien promulgo tres leyes de seguridad social, las cuales siguen vigentes hasta nuestros días. Estas leyes son la del seguro contra enfermedades, accidentes e invalidez y la de vejez (Landeta, 2010). Algunos datos importantes adicionales con respecto a la seguridad social, los encontramos en el año de 1889 con la creación de la Asociación Internacional de Seguros Sociales en París Francia; en el año de 1919, en Versalles, nace la Organización Internacional del trabajo (OIT), con leyes de protección y seguridad social. En la Organización de las Naciones Unidas se declara a la seguridad social como parte de la Declaración de Derechos Humanos en el año de 1948 (Landeta, 2010).

“La seguridad social es un sistema de garantía para los trabajadores que surge de la actividad asalariada de aquellos. Mediando una cotización, los trabajadores buscan asegurarse contra toda interrupción de la actividad profesional o para recibir una pensión al final de su vida laboral. Bajo este supuesto, las prestaciones de la seguridad social aparecen como una variedad del salario, que en lugar de ser dado directamente al trabajador asalariado, es retenida por el empleador y destinada al organismo correspondiente de la seguridad social, para que éste le restituya el salario al trabajador, en caso de que sobrevenga un riesgo o accidente de trabajo”(Castañeda, 2011).

- Modelo mexicano a manera de resumen

Aunque el primer mandato legal con respecto al cumplimiento de las responsabilidades patronales, en relación la seguridad de los trabajadores, lo estableció el artículo 123 de la Constitución Política de 1917, no fue hasta 26 años después bajo el gobierno del Presidente de la República Manuel Ávila Camacho, cuando se hizo realidad el mandato supremo. En su discurso de toma de posición, el primero de diciembre de 1940, el Presidente anunció:

² Fuente: Dirección de Incorporación y Recaudación, DIR. Instituto Mexicano del Seguro Social “memoria Estadística 2012” <http://www.imss.gob.mx/estadisticas/financieras/Pages/memoriaestadistica.aspx>

"...todos debemos asumir desde luego el propósito, que yo desplegaré con todas mis fuerzas, de que un día próximo las leyes de seguridad social protejan a todos los mexicanos en las horas de la adversidad, en la orfandad, en la viudez de las mujeres, en la enfermedad, en el desempleo, en la vejez, para sustituir este régimen secular que por la pobreza de la nación hemos tenido que vivir".

El origen y primera aportación a las pensiones surgió en el año de 1943, tiempo donde se consideró por primera vez el sistema de seguridad social en nuestro país. Con la creación de esa ley se inició una nueva etapa en la política social; por mencionar, se establecieron con mayor fuerza los sindicatos nacionales de los trabajadores, se dio acceso a la salud a mayor número de mexicanos y además, los servicios y prestaciones mejoraron el salario real del trabajador y en consecuencia, su capacidad de consumo, en beneficio de la economía nacional (Padilla, 1984).

En el año de 1973 (reforma propuesta en diciembre de 1970) se implementan algunos cambios importantes con relación a las pensiones que interesan a esta investigación; uno de ellos es que se considera la asignación familiar de la esposa o concubina con un 15% adicional a la pensión y la ayuda asistencial igual con un 15%, cuando no se tenga esposa, hijos o ascendientes con derecho. Estas mejoras van directamente a la consideración de la estructura familiar como parte de los derechos del pensionado. En ese mismo tiempo se incrementa, cuatro veces más, la pensión mínima garantizada para las pensiones de vejez, pasando de 150 a 600 pesos mensuales. Se establece para entonces, el primer intento de ajustar las pensiones periódicamente para que no pierdan su valor adquisitivo, estableciendo cada 5 años una revisión que comparaba los incrementos al salario mínimo y si la pensión era menor o igual al salario mínimo en el Distrito Federal, se aplicaba un 10% directo a la pensión. Por primera vez se respetaba las semanas de cotización de las personas que dejaban de pertenecer al régimen obligatorio, conservando sus derechos a pensiones por un periodo igual a la cuarta parte del tiempo cubierto; con esto se logró un mayor número de pensionados por vejez en la siguiente generación (Padilla, 1984).

El Sistema de Ahorro para el Retiro (SAR) instituido en México en 1992 y que duro solamente 5 años en nuestro país, era un régimen complementario a la imagen de aquellos que existen en Europa o en algunos países de América Latina, como en Ecuador, Guatemala y Uruguay. Con la diferencia de que el SAR era obligatorio, El SAR garantiza igualmente una pensión mínima. Su carácter es complementario por que ciertamente no reforma los sistemas de pensión sino que buscaba ser una compensación a la pensión para cuando esta se produjera. Esta es la primera individualización a las cuentas de los trabajadores en nuestro país, la determinación de dicho cambio surge por la presión que ejerce para ese momento, los primeros resultados de la privatización del sistema chileno de pensión, el cual surgió en el año de 1980. El SAR 92 entra en operación en el segundo bimestre de 1992, integrado por las subcuentas del seguro de retiro y de vivienda, a través de aportaciones patronales del 2 y 5%, respectivamente; el seguro de retiro sería administrado por el sector bancario a través de cuentas individuales abiertas a nombre de cada trabajador, por su patrón.

El cuarto y último cambio importante realizado y que repercute directamente en los sistemas de pensiones, es el de la Ley vigente llamada ley de 1997, donde el principal cambio, en comparación con la ley derogada de 1973, está representado por la participación de la iniciativa privada en la administración de los recursos que durante décadas fueron controlados directamente por el Instituto. El análisis de esta transición en la ley, representa parte importante de este estudio por lo tanto, en los siguientes puntos, se expone un análisis más detallado.

- Ley Vigente (1997)

Esta ley determina, con respecto a los recursos de las pensiones, que la administración correrá a cargo de la iniciativa privada, por un lado tenemos la intervención de las Afores como administradoras de los recursos de la cuenta individual durante toda la vida laboral del trabajador y en su momento también tendrán participación en la administración de las pensiones al considerarse los “Retiros Programados” como una posibilidad en las pensiones; así como también tenemos la participación de las aseguradoras de Renta Vitalicia, quienes actualmente ya reciben recursos para el otorgamiento de las pensiones por el ramo de Invalidez y Vida y por el ramo de Riesgo de Trabajo; estas en un futuro serán quienes proporcionen las pensiones de cesantía y las de vejez en nuestro país. Todas estas inclusiones obligaron la creación de mecanismos encaminados a interrelacionar las instancias gubernamentales y las privadas.

Los cambios implícitos en la LSS no se limitan a lo administrativo, se extiende a lo legal, financiero y social; su complejidad tiene su principal motivo en la seguridad que se debe proporcionar a los recursos de los pensionados. La obligatoriedad por parte del IMSS para soportar los requerimientos de una sociedad con un crecimiento comprometedor, en el número de adultos mayores, lo explica puntualmente el siguiente párrafo:

“El fundamento de los fondos de pensión en México se encuentra en la Ley del Seguro Social publicada el 21 de diciembre de 1995 en el Diario Oficial de la Federación. La entrada en vigor fue prevista para el 1 de enero de 1997, sin embargo, por decreto del 26 de noviembre de 1996 se reformó el párrafo primero del artículo primero de la ley del seguro social, mediante el cual se pospuso la entrada en vigor de dicha ley. El nuevo sistema de pensión es un modelo de capitalización individual y de administración de los fondos de los trabajadores (Castañeda, 2011)

- Puntos que determinan las diferencias entre ambos sistemas de pensión
 - 500 Semanas de cotización VS 1250 Semanas de cotización

A primera vista, la repercusión mayor de las diferencias entre un sistema y otro, lo ubicamos en el número de cotizaciones requerido por la ley anterior, la cual pide 500 semanas de cotización para hacerse acreedor de una pensión por vejez (Padilla, 1984, pág. 99), mientras que en la ley actual, se solicitan 1250 semanas (Ley del Seguro Social y sus reglamentos, 2002, pág. 83); esto es, pasamos de 10 años a 25 años de cotización requerida. La exigencia mayor tendrá una connotación directa en la reducción del número de pensiones otorgadas por este tipo de seguro, principalmente para dos grupos; el que está conformado por los asegurados intermitentes al sistema; cuéntense los albañiles, jornaleros, obreros y todo aquel que trabaja y es afiliado de manera fortuita; reducirá también el IMSS la posibilidad de pensión a quienes empiecen a cotizar a una edad avanzada, considerando que son 25 años los que se solicitan para este tipo de pensión y es aquí donde entran los cañeros, quienes traspasan sus derechos a una edad tardía.

- Administración privada VS la administración pública

La participación de los intereses privados dentro de un esquema originalmente solidario ha obligado cambios importantes en cuanto a la legalidad y a la administración del sistema de seguridad social; sobre todo en la parte donde se exponen los recursos de las personas que por su edad y condición no podrían recuperarse de la pérdida de su capital; este motivo ha traído posturas contradictorias de los estudiosos del tema. La administración de las cuentas individuales por lo menos con respecto a la transparencia con la que son manejadas ha obtenido una aprobación generalizada considerando que anteriormente existía una miopía sobre los destinos de las aportaciones; hoy en día es fácil verificar cada una de las subcuentas de la cuenta individual del trabajador, los rendimientos obtenidos así como las comisión cobrada por la AFORE.

En contraparte, el ahorro individual busca a final de cuentas que la pensión obtenida al término de la actividad laboral sea el resultado o consecuencia del ahorro mismo del trabajador, evitando con ello la solidaridad entre generaciones y la contribución de las más altas categorías sociales hacia las más vulnerables, tal y como lo establece el origen de la seguridad social. Los detractores del sistema consideran que no es juicioso fundar un servicio de seguridad social sólo sobre el ahorro individual. También se considera que la reforma chilena no se conforma a los principios generales de las convenciones internacionales del trabajo (Castañeda, 2011). Finalmente la pensión dependerá de dos aportaciones, las contribuciones al sistema y los rendimientos obtenidos en los mecanismos financieros autorizados.

Las aportaciones que realizan los trabajadores al sistema pugnan con la dificultad que existe para mantener la continuidad laboral, debido a la existencia de altas tasas de desempleo, sobre todo en los países llamados en vías de desarrollo; esto nos permite vislumbrar una disminución paulatina en la cantidad de trabajadores que puedan llegar en un momento dado a los 25 años de cotización que son necesarios para ser considerado como un prospecto de pensión de vejez, para el caso de México.

➤ Viudez Hombre

Un beneficio que trajo consigo la pensión generada por la ley vigente, es el hecho de que la ley anterior solicitaba para ser acreedor de una pensión por viudez hombre, que éste tuviera un estado de total incapacidad y que dependiera económicamente de la asegurada (Padilla, 1984, pág. 103), mientras que en la ley actual, el primer requerimiento no es solicitado (Ley del Seguro Social y sus reglamentos, 2002, pág. 70). Ciertamente las pensiones generadas por este motivo no llegan a representar un porcentaje considerable, más bien es esporádico y si aunado a eso, sumamos el desconocimiento del derecho, tenemos que a pesar de ser un instrumento viable que genere pensiones, estas no representan mayor afectación en las finanzas del Instituto que las otorga.

• El ritmo de crecimiento de la Cuenta Individual

➤ El promedio salarial en México

Los cambios en el sistema deberán ser reflejados considerando primordialmente el mayor número de trabajadores asegurados y para ello, se recurre al promedio salarial percibido. Las remuneraciones de los trabajadores mexicanos durante el año pasado (2014) promediaron ocho mil 605 pesos mensuales (286 pesos diarios), registró el Instituto Nacional de Estadística y Geografía Según el reporte del Sistema de Cuentas Nacionales de México Cuenta de Bienes y Servicios 2006-2010³.

“La remuneración de asalariados se registra en los empleos de la cuenta de generación del ingreso y se define como el monto monetario total o en especie a pagar por un establecimiento a un asalariado por el trabajo realizado por éste. Se registra en el momento que se devenga, es decir, se mide por el valor de la remuneración, tanto si se paga por anticipado, simultáneamente o con retraso con respecto del trabajo en cuestión” (INEGI, 2011).

³http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:_SqTvWZEIXwJ:www.statuspuebla.com.mx/index.php%3Fopcion%3Dcom_content%26view%3Darticle%26id%3D7363:el-salario-promedio-en-mexico-es-de-8-mil-600-pesos%26catid%3D51:tatu%26itemid%3D59+&cd=6&hl=es&ct=clnk&gl=mx

➤ Participación de las afores en la cuenta individual del trabajador

A razón de considerar el punto inmediato anterior, tenemos que un asegurado que cotiza 286 pesos diarios, recibe en el monto de su cuenta individual, alrededor de 10,000 mil pesos anuales (sin considerar el 5% de la aportación patronal directo al INFONAVIT). Si multiplicamos, como una constante esta cantidad anual durante las 1250 semanas de cotización requeridas para ser otorgada una pensión y aumentamos, el rendimiento promedio del sistema que está en 6.18% en términos reales⁴ y disminuimos a su vez, el 1.11 por ciento⁵, que cobran en promedio las AFORES de comisiones sobre el saldo de la cuenta individual del trabajador, tenemos que el monto constitutivo alcanzado por un asegurado en su Cuenta Individual es de \$ 275,194.00 aproximadamente

El monto constitutivo requerido para la pensión mínima garantizada a tiempos actuales, para comprar una renta vitalicia por el seguro de vejez, el cual es otorgado a partir de los 65 años y donde se considera para su cálculo, la edad promedio de vida de 77 años para las mujeres y en 72 años para los hombres⁶ es de \$ 325,099.00 para los hombres y para las mujeres \$ 683,888.00 aproximadamente.

Resultados y discusión

Calcular una pensión de vejez con base en el régimen de la ley de 1973, a razón de un salario promedio de 286 pesos diarios traería a tiempos actuales un pago mensual de \$ 5,321.00 (Padilla, 1984, pág. 108). Hacer el cálculo con la ley actual, representará para un pensionado con el mismo salario promedio laboral, una pensión mensual \$ 2,436.58 debido a que el monto acumulado en su cuenta individual alcanzara apenas para cubrir el monto requerido para una pensión mínima garantizada. Estamos en la antesala de una disminución en los ingresos de las pensiones promedio en nuestro país.

Conclusiones

La pensión por vejez recibió, con el nuevo sistema de pensiones, una disminución en su ingreso, para la mayoría de los futuros pensionados por este seguro; queda para el gobierno considerar, el aumento a las cuotas al trabajador debido a la escasa aportación del 6.5%⁷ así como la apertura de instrumentos de inversión que generen mayores rendimientos; para cada uno de los asegurados, es importante considerar, las aportaciones voluntarias y/o un plan alternativo que le permita mejorar sus ingresos en la etapa de su vejez y para las AFORES, queda en discusión la baja rentabilidad en los instrumentos de inversión y sus altas comisiones.

⁴<http://eleconomista.com.mx/mercados-estadisticas/2015/07/02/afores-representan-143-pib-mexico>
⁵<http://www.consar.gob.mx/SeriesTiempo/CuadroInicial.aspx?md=17>

⁶<http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/esperanza.aspx?tema=P>

⁷ <http://eleconomista.com.mx/sistema-financiero/2015/07/01/afores-sistema-incompleto>

Trabajos citados

- Ley del Seguro Social y sus reglamentos.* (2002). Mexico: Compañía Editoria Impresora y Distribuidora. S.A.
- Legislación de Seguros y Fianzas.* (2007). México: SISTA S.A. de C.V.
- Banco Mundial. (2012). *Indicadores del Desarrollo Mundial.*
- Castañeda, A. S. (2011). Las tendencias del derecho social en America Latina: Brasil, Colombia, México y Perú. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*(99).
- Davila, F. S. (28 de enero de 2011). Asegurar la Seguridad. *El Universal.mx.*
- Delgado, G. M. (2013). *Métodos de Investigación.* México: PEARSON.
- Enrique de la Garza Toledo, C. S. (2003). *La Situación del Trabajo en México 2003* (primera edición ed.). México: Plaza y Valdez S.A de C.V.
- González, J. J. (2001). *La Administración Pública como Ciencia -su ojbeto y estudio-* (Primera ed.). México: Plaza y Valdés, S.A. de C.V.
- INAPAM. (2010). *Encuesta Nacional sobre discriminación en México (resultados sobre personas adultas mayores).* Consejo Nacional para Prevenir la Discriminación (CONAPRED). México: Corporación Mexicana de Impresión S.A. de C.V.
- INEGI. (2009). *Encuesta Nacional de Empleo y Seguridad Social.* México.
- INEGI. (2011). *"Sistema de cuentas Nacionales de México" Cuentas de bienes y servicios 2006-2010.*
- Instituto Mexicano del Seguro Social. (2012). *Memoria estadística 2012.* estadístico, México D.F.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2009). *Encuesta Nacional de Empleo y Seguridad Social.* México.
- Landeta, J. M. (2010). *Los retos del retiro: Análisis del sistema de pensiones en México* (primera ed.). México D.F., D.F.: Trillas S.A. de C.V.
- Morán, M. P. (1999). El gasto público en politica Familiar -algunos elementos para un balance-. *Dialnet*(11), 1-24.
- Navarro, M. B. (1993). *Ley Federal del Trabajo.* México D.F., D.F, México: SISTA S.A. de C.V.
- Padilla, J. M. (1984). *nueva Ley del Seguro Social* (9a ed.). México, D.F., México: Litografía Panamericana S.A.
- Piñero, R. M. (2012). *Sociología Jurídica* (segunda ed.). México: Trillas.
- Quintero, N. G. (catorce de septiembre de 2011). Ancianos se sienten relegados. *El Universal.*
- Sampieri, R. H. (2006). *Metodología de la Investigación* (cuarta ed.). México, D.F., México: Mc Graw Hill.
- Sánchez, C. (nueve de julio de 2007). La privatización es una realidad diaria. *El Universal.*
- Tortosa, F. G. (2010). Percepciones sobre las consecuencias sociales del estado del bienestar y su futuro. *Dialnet*(5,1), 21- 34.
- Villagomez, A. (cuatro de julio de 2007). Una década con las Afores. *El Universal.*

Indicadores tradicionales de valuación de empresas y el Valor económico agregado, estudio comparativo.

M.A Mónica Isabel López Aguilera¹, M.R.I Margarita Espinosa Arreola², M.E Gloria Campos Hinojosa³, M.A Citlali Ruiz Porras⁴.

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen

El objetivo de esta investigación es determinar cómo se evalúan las empresas en el caso mexicano, tomando como referencia las empresas que forman parte del IPC para conocer si hay relación existente entre el precio del mercado y el EVA. Además se busca identificar la relación que existe entre los indicadores tradicionales de valuación de empresas y el Valor Económico agregado y con todo ello determinar si las empresas más rentables son las que tienen el mayor indicador de Valor Económico Agregado.

Palabras clave— Valuación, Valor Económico Agregado, Precio del Mercado, Rentabilidad.

INTRODUCCIÓN

Los grandes cambios en la manera de hacer negocios hoy en día, debidos en gran parte al hecho de contar con una clientela más informada y muy exigente, hacen que las empresas de los numerosos sectores en el ámbito mundial no solo se vean empujadas a cambiar, sino que también deban ajustarse a factores como la liberalización y la globalización de los negocios, así como las implicaciones que ambos procesos tienen en las tecnologías y que, entre otras cosas, las llevan a una constante innovación tecnológica.

La búsqueda de la creación y el aumento del valor de una empresa son una preocupación y un objetivo de los diversos participantes en ella. Por un lado a los accionistas que esperan un retorno adecuado sobre su inversión. Los ejecutivos que al hacer un adecuado uso de los recursos, aumentan el valor de la empresa. Los clientes y proveedores son atraídos y retenidos en mayor grado por las empresas más exitosas. Los empleados contarán con mejor futuro y mayores oportunidades en empresas que generan valor.

Las teorías financieras han mencionado que el objetivo primordial de cualquier empresa es la maximización del valor de la misma. Sin embargo dichas teorías han sido criticadas por ser simplistas, en este campo se ha creado una oportunidad para que inversionistas o estudiosos en la materia creen modelos que les permitan medir de manera más puntual el valor de una empresa.

En este sentido Damodaran (2000) señala que en la década pasada los administradores buscaron la forma de entender cómo se maximiza el valor, no sólo por el hecho de ser el objetivo primordial de la empresa sino por la frustración que muchos de ellos experimentaron al fallar las estrategias que implementaron en las empresas que administran.

A raíz de las crisis económicas que ha sufrido el país y el auge desmesurado de fusiones, adquisiciones, alianzas estratégicas así como de reestructuras financieras, el proceso de valuación de empresas ha adquirido una importancia relevante.

¹ M.A. Mónica Isabel López Aguilera- Docente de Ciencias económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Querétaro. Querétaro .Qro., México mlopeza@mail.itq.edu.mx (Autor corresponsal)

² M.R.I Margarita Espinosa Areola-Docente de Ciencias económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Querétaro, Querétaro, Qro. , México. mareola@mail.itq.edu.mx

³ M.E. Gloria Campos Hinojosa- Docente de Ciencias económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Querétaro. Querétaro .Qro.,México gcampos@mail.itq.edu.mx

⁴ M.A. Citlali Ruiz Porras- Docente de Ciencias económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Querétaro. Querétaro .Qro.,México cruiz@mail.itq.edu.mx

Sin embargo a pesar de lo mencionado anteriormente, no se han realizado investigaciones que nos permitan formarnos un juicio acerca de la utilidad de los modelos y su aplicación, para determinar si nos muestran valuaciones adecuadas y consistentes.

Objetivos

- Determinar cómo se evalúan las empresas en el caso mexicano, tomando como referencia las empresas que forman parte del IPC para conocer si hay relación existente entre la beta del mercado y el EVA .
- Identificar la relación que existe entre los indicadores tradicionales de valuación de empresas y el Valor Económico agregado.
- Determinar si las empresas más rentables son las que tienen el mayor indicador de Valor Económico Agregado.

Justificación

La determinación del valor de una empresa es un tema de debate que se discute en la literatura financiera existente en el medio. Es un hecho que casi toda la literatura que existe al respecto viene del extranjero especialmente de Estados Unidos la misma se encuentra escrita en una terminología contable y financiera distinta a la mexicana. Uno de los aspectos de esta investigación es explicar de manera clara y sencilla cuál sería la mejor forma de calcular el valor de una empresa que cotiza en la Bolsa Mexicana de valores.

Las investigaciones empíricas sobre las técnicas de análisis, basadas en la creación de valor como EVA, se han enfocado a diversos aspectos: indicador de productividad y compensación a los ejecutivos, indicador de desempeño financiero que determine si la empresa está creando valor, o bien en la toma de decisiones (Biddle, Bowen y Wallace, 2008).

Método

La presente investigación es de tipo cuantitativo e iniciará con la determinación del valor de las empresas midiendo primero su beta de riesgo y determinar su valor por el método CAPM *Capital Asset Pricing Model* ó “Modelo de valoración de activos financieros” posteriormente con el EVA, para hacer un estudio de contrastación.

El tipo de estudio es correlacional, longitudinal y transversal

Correlacional porque se medirá la relación existente entre las variables de estudio, longitudinal ya que se analizará un periodo extenso de tiempo, para esta investigación se está planeando utilizar un escenario de 5 años (2001-2011). Se pretende analizar también los valores de cada empresa cada año por lo que es un estudio transversal, que es el que mide el fenómeno de estudio en un momento del tiempo. Asimismo se analizará la relación que existe entre los valores que arrojan los indicadores tradicionales y el precio del mercado, aplicando la técnica de regresión lineal simple, lo que implica tener un estudio correlacional (Hernández, et al., 2008; p.62).

Muestra

La población de estudio son todas las empresas que forman el IPC en la Bolsa Mexicana de Valores en los diferentes sectores económicos.

Esto debido a las siguientes consideraciones:

“El Índice de Precios y Cotizaciones es el principal indicador de la Bolsa Mexicana de Valores; expresa el rendimiento del mercado accionario en función de las variaciones de precios de una muestra balanceada, ponderada y representativa del conjunto de acciones cotizadas en la Bolsa.

El IPC constituye un fiel indicador de las fluctuaciones del mercado accionario, considerando dos conceptos fundamentales:

- Representatividad. La muestra que lo compone, refleja el comportamiento y la dinámica operativa del mercado mexicano.

- Invertibilidad: Las series accionarias que lo integran cuentan con las cualidades de operación y liquidez que facilitan las transacciones de compra y venta para responder a las necesidades del mercado mexicano” (www.bmv. Consultado el 18 de Noviembre del 2013)

Para efecto de este artículo solo se presentará una muestra de 10 empresas de las 35 que conforman el IPC, y solo se mostrarán el resultado final no los cálculos por cuestión de espacio.

El Valor Económico Agregado permite mejorar el desempeño del negocio, pero es necesario primero que los recursos financieros de la empresa sean invertidos en aquellas áreas que contribuyan de forma directa en la creación de valor. Los componentes básicos del EVA son: 1) la utilidad de operativa después de impuestos, 2) capital invertido, que corresponde a los activos fijos más el capital de trabajo operativo y otros activos, otra forma es la deuda a corto y largo plazo con costo, más capital contable. 3) El costo de capital promedio, que se obtiene de deuda con acreedores sujeta a intereses y el capital de los accionistas

El EVA podría definirse como el importe que queda una vez que se han deducido de los ingresos la totalidad de los gastos, incluidos el costo de oportunidad del capital y los impuestos. Por lo tanto, el EVA considera la productividad de todos los factores utilizados para desarrollar la actividad empresarial. En otras palabras, el EVA es lo que queda una vez que se han atendido todos los gastos y satisfecho una rentabilidad mínima esperada por parte de los accionistas. En consecuencia, se crea valor en una empresa cuando la rentabilidad generada supera el costo de oportunidad de los accionistas.

Para calcular el valor económico agregado se hará siguiendo el Método Residual en donde:

- Obtener la utilidad neta después de impuestos
- Restar a la UODI el cargo por el uso de capital

$$EVA = UODI - (\text{Capital invertido} \times \text{CCPP})$$

UODI = Utilidad operativa después de impuestos
 Capital invertido = Capital invertido al inicio
 CCPP = Costo de capital promedio ponderado

Para obtener el Costo de capital se hará con dos metodologías:

1. Tomando el Costo de Capital como el WACC por sus siglas en inglés (*Weight average cost of capital*), también llamado “Costo integral de Financiamiento (CIF)” ó CPC “Costo Ponderado de Capital” de cada empresa

Resultados

Tabla No. 1 Beta de Riesgo

Empresa	Beta con pendiente				
	2008	2009	2010	2011	2012
ICA	1.422679372	1.091798475	1.103347714	1.344779082	1.597546023
FEMSA	0.937304318	0.738624242	0.616833653	0.885257257	0.74448214
GEO	1.454531824	1.350234798	0.918648812	1.101745994	1.355642389
GMODELO	0.695511372	0.664266298	0.840233461	0.544744293	0.363901391
GRUMA	0.306331405	1.208092497	1.062103145	0.830033727	0.690953795
ICH	0.004742521	0.138524019	0.884241471	0.217309137	-0.326366216
LIVEPOL	0.107817773	-0.076090171	0.019100887	0.391435465	0.52572132
MEXCHEM	0.888396602	1.079561559	1.224001764	1.10850909	0.915763737
WALMEX	0.814010511	0.769779561	1.212723159	0.924633876	0.696723578
KIMBER	0.601817718	0.552718612	0.707055381	0.697599585	0.940238572

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla No. 1 se desprende que las empresas con mayor riesgo en el mercado son grupo Gruma, Geo y Mexchem, ya que dichas empresas presentan valores de Beta mayor a 1 en la mayor parte de sus años lo que quiere decir que tienen un riesgo mayor al resto del mercado y las que menor riesgo tienen son Grupo Modelo y Wal-Mart debido a que sus valores son menores a 1.

Tabla No. 2 CAPM

CAPM					
Empresa	2009	2010	2011	2012	2013
ICA	10.50641031	-0.340945445	-0.386838851	-1.397996164	-2.234523673
FEMSA	8.388971342	1.22823511	1.745934056	-1.397996164	-2.234523673
GEO	10.64536599	-1.489198105	0.422841373	0.550372287	-1.30410753
GMODELO	7.334105515	1.558613234	0.766597391	1.998041782	2.510352865
GRUMA	5.636364626	-0.857648821	-0.206031539	0.787240201	1.25243528
ICH	4.320687458	3.894587311	0.574116991	3.387556499	5.16511438
LIVEPOL	4.320687458	4.84807454	4.366273959	2.648762211	1.887956787
MEXCHEM	8.175612407	-0.286575879	-0.915760234	-0.39505355	0.387765347
WALMEX	7.851104575	1.089809608	-0.866317255	0.385607003	1.230243387
KIMBER A	3.477117322	2.054228267	1.350421423	1.34930612	0.293629594

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla No 2 se muestran que las empresas que muestran una mayor rentabilidad sobre sus acciones son nuevamente Grupo Modelo, Grupo Modelo y Wal-Mart

Tabla No. 3 EVA

EVA					
Empresa	2009	2010	2011	2012	2013
ICA	\$500,774.17	\$503,136.62	\$1,596,092.98	\$2,726,984.38	-\$1,440,825.94
FEMSA	\$12,555.78	\$19,098.67	\$13,300.48	\$15,085.79	\$178,197.53
GEO	-\$1,025,403.61	\$29,044.96	\$122,404.99	\$321,227.17	-\$128,805,407.60
GMODELO	\$4,952,385.76	\$11,392,468.59	\$10,551,895.13	\$13,735,820.76	\$20,341,283.57
GRUMA	\$784,284.73	-\$423.77	\$1,079,223.41	\$497,357.97	\$934,435.23
ICH	\$604,132.59	----	\$62,447.62	\$1,562,244.65	\$1,153,343.98
LIVEPOL	-\$2,574,430.51	-\$922,934.98	\$2,757,173.76	\$4,674,538.78	\$4,861,539.46
MEXCHEM	-\$11,961.99	\$1,780,222.20	\$209,865.60	-\$2,633,169.09	\$1,364,980,597.20
WALMEX	\$5,251,807.40	\$10,140,854.69	\$11,887,312.93	\$13,903,204.09	\$17,006,136.00
KIMBER	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$5,411.00

Fuente: Elaboración Propia

La tabla No. 3 muestra claramente que las empresas más rentables y que generaron valor de los años 2009 al 2013 fueron Grupo Modelo y Wal-Mart.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos comprueban los objetivos y las hipótesis, efectivamente aquellas empresas que muestran mayor rentabilidad son las que tienen un mayor Valor Económico Agregado. Se debe extender el conocimiento de esta herramienta que puede ser muy útil para la valuación de empresas.

La ventaja competitiva de la empresa, desde el punto de vista financiero, se hace posible mediante la generación de valor económico.

Referencias

1. Amat, O.. (2005). EVA Valor Económico Agregado Un nuevo enfoque para optimizar la gestión empresarial, motivar a los empleados y crear valor. 3a edición. Barcelona., España: Grupo Editorial Norma.
2. American Management Association (2000). "Valor Económico Agregado –EVA", México, Julio. Badenes, C.,J. M. Santos y P. Fernández (2004), Introducción a la valoración de empresas por el método de los múltiplos de compañías comparables. Artículo de la Universidad de Navarra. 0-299-038 Biddle, G., R. Bowen & J. Wallace. (2007). Does Eva, beat earnings? Of Accounting y Economics. n°4 pp. 301-336.
3. Biddle, G., R. Bowen & J. Wallace. (2008). Evidence on EVA. Journal of Applied Corporate Finance. 4. (12), pp. 1-27.
5. Bowen R. (1999). The decision to adopt EVA. EUA: Issues in accounting Education, Agosto. Vol. 14, no. 3
6. Brewer Peter; Chandra Gyan; Hock Clayton (2010). "Economic value added EVA" EUA Advanced Management Journal. Vol 64, Issue: 2, pp 4-11
7. Bromwich, M. y Walker, M. (1998), Residual Income Past and Future, Management Accounting Research, Vol. 9, December: 39 1-419.
8. Damodaran Aswath (2000). Value Creation and Enhancement: Back to the Future. Nueva York: Stern School of Business.
9. Díaz, A. (2005). Invierta en la Bolsa. (4a Ed.). México, D.F., México: Mc Graw Hill Interamericana.
10. Fernández, P. (2005). Guía rápida de Valoración de Empresas. 1a edición. Barcelona., España, : Gestión 2000.
11. O'Hanlon, J., and Peasneil, K. (2001). Wall Street's Contribution to Management Accounting: the Stern Stewart® EVA Financial Management System. Management Accounting Research 9, 421-444. Palepu, K., Healy, P. y Bernard, V. (2000). Análisis y Valuación de Negocios mediante Estados Financieros. 2a edición. México, D.F., México: Thomson Learning.
12. Rappaport, A. (2006). La creación de valor para el accionista. Barcelona: Deusto.
13. Real Academia Española (1990). Diccionario de la lengua española
14. Ross, S. Westerfield, R y Jaffe J. (2008). Finanzas Corporativas. (6a Ed.). México, D.F., México: Mc Graw Hill Interamericana.
15. Siu, C. (2001). Valuación de Empresas. México, D.F., México: Instituto Mexicano de Ejecutivos en Finanzas.. Stern y Stewart (2001). The comparative stock market performance of Stern Stewart Clients". EUA: EVA works; Mayo.
16. Stewart, G.B. (1991). The Quest for Value. .New York: Harper and Collins.
17. Van Horne, J (1993). Administración Financiera (9a Ed.). México, D.F., México: Prentice Hall.

Análisis de la validez y consistencia interna del MBI-GS en una muestra multiocupacional

M. Dávila Hernández^{1*},

¹Jefatura de la División de la Licenciatura en Administración e Ingeniería en Gestión Empresarial, Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, Av. 16 de Septiembre 54, Coacalco de Berriozábal, C.P. 01219, México, México

*davilahernanezmargarita@gmail.com

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen

El objetivo de esta investigación fue analizar la estructura factorial de una versión en español del "Maslach Burnout Inventory-general Survey (MBI-GS). La escala incluye 15 ítems, con siete opciones para respuesta. El cuestionario fue aplicado a 201 empleados. Los datos fueron analizados usando análisis factorial y componentes principales con rotación Varimax. Los resultados del estudio muestran que la versión en español del cuestionario es válida y confiable.

Palabras clave: MBI-GS, validez, confiabilidad

Abstract

The objective of this research was to analyze the factorial structure of a Spanish version of the "Maslach Burnout Inventory-General Survey (MBI-GS). The scale includes 15 items, with seven options for answers. The scale was applied to 201 employees. Data were analyzed using factorial analysis and principal components with Varimax rotation. Study results show that the Spanish version of the questionnaire is valid and reliable.

Introducción

Síndrome de Desgaste Profesional

El constructo "Burnout" deriva del término anglosajón, cuya traducción es "estar quemado", "agotado", "exhausto", "desgastado", "perder la ilusión por el trabajo". El síndrome de desgaste profesional aparece en la literatura a mediados de los 1970's para describir en forma coloquial la actitud de ciertos trabajadores de la salud hacia su labor cotidiana. Freudenberger, en 1975, describió el proceso que experimentaba la mayoría de los voluntarios, mediando un año de inicio de trabajo: a pesar de un inicial entusiasmo, sufrían una pérdida de energía, hasta llegar al agotamiento y desmotivación, volviéndose menos sensibles y hasta agresivos con sus pacientes. Al patrón conductual antes señalado le llamó "burnout", palabra que en la jerga psiquiátrica del momento, era empleada para referirse a los efectos del consumo crónico de sustancias tóxicas de abuso (Deprati, 2001).

Posteriormente, en 1976, la psicóloga social Christina Maslach continuó estudiando las respuestas emocionales de los empleados de profesiones de ayuda a personas, eligiendo el mismo término, que ya tenía gran aceptación social (De los Ríos, Ocampo, Landeros, Ávila y Tristán, 2007). Maslach descubrió que las estrategias de afrontamiento del estrés tenían implicaciones importantes para la identidad profesional de la gente y su comportamiento en el trabajo. Los resultados de diversas investigaciones sugirieron que el fenómeno de agotamiento tiene algunas regularidades identificables. Primero, fue claro que proporcionar servicios de cuidados puede ser una muy demandante e involucrante ocupación y el agotamiento emocional es una respuesta no poco frecuente para tal carga de trabajo. El segundo componente de despersonalización (cinismo) también surgió de entrevistas, al describir la gente cómo trataba de hacer frente al estrés emocional de su trabajo. La moderación de la compasión por sus clientes por medio de distancia emocional ("interés indiferente") fue vista como una forma de protección

así mismos ante un intenso despertar de emociones que podrían interferir con su funcionamiento efectivo en el trabajo. Sin embargo, un desequilibrio de excesiva indiferencia y pequeño interés parece conducir al personal a responder a sus clientes en formas negativas, insensibles y deshumanizadas (Dávila, 2010).

Aunque existen varias definiciones del desgaste profesional, la más aceptada hoy en día es la propuesta por Maslach y Jackson en 1981, quienes consideran que el síndrome es una forma inadecuada de afrontar un estrés emocional crónico cuyos rasgos principales son el agotamiento emocional, la despersonalización y la disminución del desempeño personal:

- *Agotamiento emocional.* Se define como cansancio y fatiga física, psíquica o como una combinación de ambos. Es la sensación de no poder dar más de sí mismo a los demás.
- *Despersonalización.* Se entiende como el desarrollo de sentimientos, actitudes y respuestas negativas, distantes y frías hacia otras personas, especialmente hacia los clientes, pacientes, usuarios, etc. Se acompaña de un incremento en la irritabilidad y una pérdida de motivación. El sujeto trata de distanciarse no sólo de las personas destinatarias de su trabajo sino también de los miembros del equipo con los que trabaja, mostrándose cínico, irritable, irónico e incluso utilizando a veces etiquetas despectivas para referirse a los usuarios, clientes o pacientes tratando de hacerles culpables de sus frustraciones y descenso del rendimiento laboral.
- *Sentimiento de bajo logro o realización profesional y/o personal.* Surge cuando se verifica que las demandas que se le hacen exceden su capacidad para atenderlas de forma competente. Supone respuestas negativas hacia uno mismo y hacia su trabajo, evitación de las relaciones personales y profesionales, bajo rendimiento laboral, incapacidad para soportar la presión y una baja autoestima. La falta de logro personal en el trabajo se caracteriza por una dolorosa desilusión y fracaso al darle sentido a la actividad laboral. Se experimentan sentimientos de fracaso personal, falta de competencia, de esfuerzo o conocimientos, carencias de expectativas y horizontes en el trabajo y una insatisfacción generalizada.

MBI-GS

En los 1980's, la investigación del agotamiento se volvió más empíricamente sistemática, desarrollándose un trabajo más cuantitativo, mediante la evaluación del síndrome por medio de instrumentos. La escala que continúa siendo usada por muchos investigadores es el Maslach Burnout Inventory (MBI) desarrollado por Maslach y Jackson, en 1981. El MBI fue originalmente diseñado para las ocupaciones de servicio; posteriormente se diseñó una versión para docentes y una para ocupaciones en general, el MBI-General Survey (Salanova, Schaufeli, Llorens, Peiró, & Grau, 2000). Se trata de un instrumento que ha tenido gran aplicación internacional. La versión actual es útil para medir el desgaste profesional en todo tipo de trabajos, independientemente de las actividades que en él se realicen, utilizándose una versión en castellano¹. El instrumento consta de 15 ítems que deben ser respondidos por los trabajadores haciendo uso de una escala de frecuencia tipo Likert que va de "0" (nunca) a "6" (siempre). Para obtener las puntuaciones de cada dimensión (Agotamiento, Cinismo y Eficacia Profesional) hay que sumar las puntuaciones obtenidas en cada uno de los ítems que pertenecen a cada escala y dividir el resultado por el número de ítems de la escala. Aunque se han realizado estudios para analizar la estructura factorial y la consistencia interna del instrumento (Gil-Monte, 2002; Millán de Lange & D'Aubeterre, 2012) donde se reporta, en términos generales, la coincidencia con el modelo trifactorial planteado por los autores del MBI-GS, se ha cuestionado su validez y confiabilidad, especialmente en diferentes colectivos profesionales (Bakker, Demerout, & Schaufelli, 2002). Cabe aclarar que el síndrome ha sido ampliamente evaluado en el campo de la salud y la educación encontrándose, hasta el momento, un incipiente desarrollo en el sector industrial y comercial (Barrios, 2014).

Análisis de Validez de constructo

La validez, como señalan Hernández, Fernández, & Baptista, 2010 se refiere al grado en que un instrumento mide la variable que pretende medir, siendo la validez de constructo probablemente la más importante y se refiere a qué tan exitosamente un instrumento representa y mide un concepto teórico

¹ La adaptación al castellano fue validada por Gil-Monte (2002), concluyendo que es un cuestionario válido y confiable, obteniendo valores superiores de 0.70 en el alfa de Cronbach (α) en las tres dimensiones.

(Grinnelli, Williams y Unrau, 2009, como se cita en Hernández, Fernández, & Baptista, 2010. El análisis factorial es un método poderoso e indispensable para la validación de constructo; se trata de un método para reducir un gran número de medidas a un número más pequeño, llamadas factores, al descubrir cuáles miden la misma cosa y en qué grado miden aquello que miden (Kerlinger & Lee, 2008). El análisis factorial, cuando es exploratorio permite generar hipótesis sobre las variables subyacentes a los datos por lo que, a priori, cualquier variable puede estar asociada a cualquier factor; las etapas generales que considera un análisis factorial son las siguientes (Garmendia, 2007; Méndez & Rondón, 2012):

- a) *Pertinencia de la realización del análisis factorial.* Algunas de las pruebas son:
 - Coeficiente Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). Es una medida de la comparación de los coeficientes de correlación observados con los coeficientes de correlación parcial. Asume valores entre 0 y 1. Se considera adecuado un valor mayor a 0.6.
 - Prueba de esfericidad de Bartlett. Prueba la hipótesis nula de que las variables están incorrelacionadas, es decir, evalúa si la matriz de correlaciones (la matriz de correlaciones entre todas las variables consideradas) no es una matriz de identidad, aquella en la que no existe relación entre las variables. Se acepta como válido un nivel de significación menor al 5%.
- b) *Extracción de los factores.* Existen varios métodos para extraer los factores, siendo el método de Análisis de Componentes Principales (ACP) el que más se utiliza. El ACP (Pérez, 2001) (S/a, 2011) es un método estadístico de reducción de una tabla de casos-variables con datos cuantitativos, para obtener otra de menor número de variables, combinación lineal de las primitivas, que se denominan componentes principales o factores, cuya posterior interpretación permitirá un análisis más simple del problema estudiado. En el ACP, el primer factor o componente sería aquel que explica una mayor parte de la varianza total, el segundo factor sería aquel que explica la mayor parte de la varianza restante, es decir, de la que no explicaba el primero y así sucesivamente. Los factores extraídos no se correlacionan entre ellos; se deben incorporar factores cuya varianza sea mayor a 1, en caso contrario, explicaría menos varianza que una variable original. La determinación del número de factores a retener es una decisión arbitraria, pudiéndose considerar los siguientes criterios:
 - Criterio Kaiser: retener aquellos factores con un valor propio² mayor a 1
 - Definición a priori del número de factores a retener
 - Definición a priori del porcentaje de varianza a explicar
 - Gráficamente, con un gráfico de sedimentación que muestra la forma en que se van disminuyendo los valores propios, seleccionando el número de factores correspondiente al punto en que la curva del gráfico se hace horizontal
 - Retener factores cuyos valores propios son iguales o superiores al promedio de todos los valores propios.
- c) *Interpretación de los factores.* Los factores resultantes se interpretan asignándoles nombre considerando las variables originales incluidas en cada factor. La rotación de los factores facilita la interpretación de los factores extraídos. La suma de los valores propios no se afecta por la rotación, pero la rotación alterará los valores propios y el porcentaje de la varianza explicada. Con los factores rotados, cada una de las variables tendrá una correlación cercana a 1 con uno de los factores y cercana a 0 con el resto de los factores. Hay dos sistemas básicos para la rotación de factores:
 - Ortogonal, que mantiene la independencia entre los factores rotados: varimax (es el método más utilizado, indicando la correlación existente entre cada una de las variables y su correspondiente factor), quartimax y equimax.
 - No ortogonal, que proporciona nuevos factores rotados que guardan relación entre sí: oblimin, promax y orthoblique.

² La cantidad de varianza en todas las variables que es explicada por cada factor es llamada "eigenvalue" o valor propio. Si un factor tiene un bajo valor propio, entonces está contribuyendo poco a la explicación de la varianza de las variables.

Análisis de Confiabilidad

Como explican Hernández, Fernández, & Baptista (2010), la confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo objeto produce resultados iguales; algunos de los procedimientos más utilizados son las medidas de coherencia o consistencia interna. Uno de los coeficientes que estiman la confiabilidad es el alfa de Cronbach (valores superiores a 0.7 se consideran aceptables).

Metodología

Materiales y método

Tipología. El presente estudio forma parte de la investigación que tiene como objetivo valorar las relaciones entre el clima organizacional y el desgaste profesional en empresas de diferentes ramas económicas. En particular, en esta parte del estudio se analizará la validez de constructo y la consistencia interna del MBI-GS, por lo que se trata de un estudio descriptivo correlacional. Considerando el número de veces que se obtiene información del objeto de estudio, se trata de una investigación transversal y no experimental.

Muestra. Se obtuvo una muestra dirigida (no probabilística) resultado de la invitación que, en enero de 2015 se realizó a egresados de la Licenciatura en Administración del TESCO para colaborar en el presente estudio, aplicando el instrumento en sus empresas. Se recibió la aceptación de nueve, a quienes se les proporcionó la instrucción pertinente acerca del proyecto y la aplicación del MBI-GS. El periodo de aplicación de los instrumentos comprendió los meses de marzo-abril de 2015. Una vez llenados los cuestionarios se recogieron para su revisión, codificación, tabulación, análisis e interpretación correspondientes

Variable. El síndrome de desgaste profesional se define como una forma inadecuada de afrontar un estrés emocional crónico cuyos rasgos principales son el agotamiento emocional, la despersonalización y la disminución del desempeño personal.

Instrumento. El instrumento seleccionado para medir el desgaste profesional, dado que se consideran sujetos de diferentes ramas de actividad económica, es el MBI-General Survey (Salanova, Schaufeli, Llorens, Peiró, & Grau, 2000) (MBI-GS). Un aspecto adicional que se consideró en la selección es que se trata de un instrumento que ha tenido gran aplicación internacional (Olivares & Gil-Monte, 2009), lo que favorecerá la comparación de resultados. Se trata de una versión modificada del Maslach Burnout Inventory (MBI) de Maslach y Jackson que se publicó en el año de 1981 para medir el síndrome en educadores y personal del sector servicio. El instrumento consta de 15 ítems que deben ser respondidos por los trabajadores haciendo uso de una escala de frecuencia tipo Likert que va de "0" (nunca) a "6" (siempre). Para obtener las puntuaciones de cada dimensión (Agotamiento, Cinismo y Eficacia Profesional) hay que sumar las puntuaciones obtenidas en cada uno de los ítems que pertenecen a cada escala y dividir el resultado por el número de ítems de la escala.

Resultados y discusión

La Tabla 1 muestra las características de la muestra de 201 trabajadores considerada en el presente estudio. Se utilizó el software SPSS 15.0 para Windows en la realización de los análisis descriptivos y factorial correspondientes.

Pertinencia del análisis factorial

Antes de realizar el análisis factorial se aplicó la prueba de KMO y la de esfericidad de Bartlett para determinar la viabilidad del mismo. En la prueba de KMO se obtuvo un valor de 0.812 implicando una adecuación correcta de los datos a un modelo de análisis factorial (Pérez, 2001). Por otra parte, en la prueba de esfericidad de Bartlett, se obtuvo un valor significativo $p=0.000$ (menor a 0.05), por lo que se confirma la adecuación para el uso del análisis factorial.

Tabla 1. Características de la muestra.

No.	Rama de actividad económica. Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México	% de contribución a la muestra	Género (%)		Edad (%)				Escolaridad (%)			Antigüedad laboral (%)										
			Hombres (%)	Mujeres (%)	Menos de 30 (%)	Entre 30 y 39 (%)	Entre 40 y 49 (%)	Entre 50 y 59 (%)	60 o más (%)	Primaria (%)	Secundaria (%)	Media Superior (%)	Superior (%)	Posgrado (%)	Con pareja estable (%)	Con hijos (%)	Con dependientes económicos (%)	Menos de 5 (%)	Entre 5 y 9 (%)	Entre 10 y 14 (%)	Entre 15 y 19 (%)	20 o más (%)
1	Otras Instituciones de intermediación crediticia y financiamiento bursátil	10	70	30	40	40	20				85	15		50	55	60	95	5				
2	Servicios de investigación, protección y seguridad	8	53	47	27	40	13	13	7		60	40		33	60	60	86		7	7		
3	Elaboración de refrescos, hielo, y otras bebidas no alcohólicas y purificación y embotellado de agua	14	70	30	19	44	33		4		48	48	4	63	82	89	37	15	19	22	7	
4	Servicios de administración de negocios	9	28	72	56	22	11	11		11	28	55	6	39	50	67	89	11				
5	Administración pública en general	11	38	62	33	33	19	10	5			43	57	48	62	67	62		19	5	14	
6	Comercio al por menor de ropa, bisutería y accesorios de vestir.	6	93	7	70	30				7	66	27		53	47	53	73	20	7			
7	Banca múltiple	12	44	56	56	40	4				32	68		48	44	68	32	68				
8	Fabricación de instrumentos de medición, control, navegación y equipo médico electrónico	15	53	47	41	20	21	14	4	7	13	60	17	3	59	63	67	63	27			10
9	Escuelas de educación superior	15	37	63		47	30	23			3	47	50	57	63	70	46	37	10	7		

Tabla 1. Características de la muestra (Continuación).

No.	Rama de actividad económica. Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México	Tipo de contratación		Tipo de puesto desempeñado			Realización de actividades laborales fuera de su horario de trabajo					Lugar donde realiza las actividades			Realización de actividades domésticas					
		Temporal	Definitiva	Operativo	Supervisión	Jefatura	%*	Menos de 5 hrs. (%)**	Entre 5 y 9 hrs. (%)**	Entre 10 y 14 hrs. (%)**	15 o más hrs. (%)**	Empresa (%)*	Hogar (%)*	Otro (%)*	%	Menos de 10 hrs. (%)**	Entre 10 y 19 hrs. (%)**	Entre 20 y 29 hrs. (%)**	30 o más hrs. (%)**	
1	Otras Instituciones de intermediación crediticia y financiamiento bursátil	35	65	60	30	10	60	42	42	8	8	73	27		70	64	36			
2	Servicios de investigación, protección y seguridad	27	73	54	33	13	67	100				70	20	10	100	73	20	7		
3	Elaboración de refrescos, hielo, y otras bebidas no alcohólicas y purificación y embotellado de agua	4	96	26	63	11	59	60	33	7		75	25		74	55	35	5	5	
4	Servicios de administración de negocios	11	89	33	56	11	44	50	25	25		75	13	12	72	64	9	18	9	
5	Administración pública en general	57	43	76	14	10	81	53	6	35	6	88	6	6	91	53	21	16	10	
6	Comercio al por menor de ropa, bisutería y accesorios de vestir.	7	93	53	27	20	47	86	14			100			67	70	30			
7	Banca múltiple	8	92	88	12		12	67	33			33	67		88	67	24	5	4	
8	Fabricación de instrumentos de medición, control, navegación y equipo médico electrónico	33	67	63	37		50	68	6	6	20	47	33	20	70	62	33		5	
9	Escuelas de educación superior	93	7	97	3		87	31	35	23	11	19	59	22	90	32	44	16	8	

*Respecto a los que realizan actividades laborales fuera de su horario de trabajo.

** Respecto a los que realizan actividades domésticas.

La Tabla 2 muestra la varianza total explicada de los componentes principales. Se observa que las tres primeras componentes resumen el 57.976% de la variabilidad total. Lo anterior coincide con lo reportado por Aluja, Blanch, & García (2005) quienes confirmaron la estructura factorial de tres factores que explican el 43.38% de la variación (rotación ortogonal), con valores para agotamiento emocional de 19.45%, baja realización personal en el trabajo de 15.07%, y despersonalización de 8.86%, aunque los valores determinados en el presente estudio son superiores (22.30%, 19.60% y 16.07%, respectivamente) En cuanto a la estructura, resultados similares se han encontrado en múltiples investigaciones apoyando la tridimensionalidad del síndrome (Bakker et al. 2002; Shirom y Melamed 2006; Boles et al. 2000; Hansung y Juve, 2009; Schaufeli y Dierendonck 1993; como se cita Gil-Monte & Peiró, 1999). Finalmente, los hallazgos son similares a propuesta de Salanova, Schaufeli, Llorens, Peiró, & Grau, (2000), autores de la versión del MBI GS con 15 ítems.

La Tabla 3 muestra las saturaciones de los tres factores determinados por el método de componentes principales, utilizando rotación factorial Varimax. Para una identificación más clara de los ítems que conforman cada factor sólo se indica, en componente, el ítem de mayor carga factorial. Así, se resalta lo siguiente: la distribución de los ítems en los tres factores corresponde a lo señalada por Salanova, Schaufeli, Llorens, Peiró, & Grau, (2000), autores de la versión del MBI-GS con 15 ítems, con la única excepción del ítem 6 “estoy quemado por el trabajo”, que presenta igual carga factorial en la dimensión de agotamiento emocional y en la de cinismo. Por lo anterior, se realizó el cálculo de α , considerando las dos alternativas. Los resultados se muestran en las Tablas 4 y 5, coincidiendo con los valores de fiabilidad reportados por Gil-Monte (2002). Dado que al eliminar el ítem 6 de la dimensión agotamiento emocional el alfa de Cronbach (α) disminuye 0.004 en ese factor y como al agregar el ítem 6 a la dimensión de cinismo el alfa de Cronbach aumenta 0.004 en ese factor, se determinó considerar al ítem 6 en la dimensión que señala el instrumento original. Otro aspecto a resaltar es que, en el factor “eficacia profesional”, si se elimina el reactivo 10, “he conseguido muchas cosas valiosas en este puesto”, α se incrementa de 0.755 a 0.776.

Tabla 2. Varianza Explicada Total (método de extracción: análisis de componentes principales; método de rotación: Varimax).

Factor	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	4.51	30.064	30.065	4.51	30.064	30.064	3.345	22.301	22.301
2	2.659	17.725	47.790	2.659	17.725	47.789	2.94	19.601	41.902
3	1.528	10.187	57.976	1.528	10.187	57.976	2.411	16.074	57.976
4	0.976	6.506	64.482						
5	0.85	5.666	70.149						
6	0.688	4.586	74.735						
7	0.647	4.313	79.048						
8	0.582	3.880	82.928						
9	0.478	3.186	86.114						
10	0.46	3.066	89.181						
11	0.42	2.800	91.981						
12	0.39	2.600	94.580						
13	0.317	2.113	96.694						
14	0.281	1.873	98.567						
15	0.215	1.433	100.000						

En términos generales, los resultados antes señalados confirman la validez de la estructura tridimensional del Maslach Burnout Inventory-GS.

Tabla 3. Matriz de Componentes Principales (Método de extracción; análisis de componentes principales; Método de rotación: Varimax).

No.	Descripción	Matriz de componentes rotados		
		1	2	3
2	Estoy "consumido " al final de un día de trabajo (A)	0.797		
3	Estoy cansado cuando me levanto por la mañana y tengo que afrontar otro día en mi puesto de trabajo (A)	0.784		
1	Estoy emocionalmente agotado por mi trabajo (A)	0.742		
4	Trabajar todo el día es una tensión para mí (A)	0.704		
11	Me estimula conseguir objetivos en mi trabajo (E)		0.748	
5	Puedo resolver de manera eficaz los problemas que surgen en mi trabajo (E)		0.740	
7	Contribuyo efectivamente a lo que hace mi organización (E)		0.708	
10	En mi opinión, soy bueno en mi puesto (E)		0.692	
15	En mi trabajo, tengo la seguridad de que soy eficaz en la finalización de las cosas (E)		0.599	
12	He conseguido muchas cosas valiosas en este puesto (E)		0.566	
13	Me he vuelto más cínico respecto a la utilidad de mi trabajo (C)			0.728
9	He perdido entusiasmo por mi trabajo (C)			0.622
8	He perdido interés por mi trabajo desde que empecé en este puesto (C)			0.609
14	Dudo de la trascendencia y valor de mi trabajo (C)			0.604
6	Estoy "quemado" por el trabajo (A)	0.487		0.487

Tabla 4. Distribución de ítems por dimensión y cálculo de α . Se considera al ítem 6 en la dimensión de agotamiento emocional.

Factor	Ítems	Dimensión	Alfa de Cronbach	¿Se incrementa α si se elimina un elemento?
1	1,2,3,4,6	Agotamiento Emocional	0.817	No
2	5, 7, 10, 11, 12, 15	Eficacia profesional	0.755	Sí, si se elimina el ítem 10, "he conseguido muchas cosas valiosas en este puesto", se incrementa a 0.776
3	8, 9, 13, 14	Cinismo	0.761	Sí, si se elimina el ítem 14, "me he vuelto más cínico respecto a la utilidad de mi trabajo", se incrementa a 0.764.

Tabla 5. Distribución de ítems por dimensión y cálculo de α . Se considera al ítem 6 en la dimensión de cinismo.

Factor	Ítems	Descripción de la Dimensión	Alfa de Cronbach	¿Se incrementa α si se elimina un elemento?
1	1,2,3,4	Agotamiento Emocional	0.813	No
2	5, 7, 10, 11, 12, 15	Eficacia profesional	0.755	Sí, si se elimina el ítem 10, "he conseguido muchas cosas valiosas en este puesto", se incrementa a 0.776
3	6, 8, 9, 13, 14	Cinismo	0.765	No

Trabajo a futuro

Se sugiere continuar la investigación, considerando empresas diferentes a las del sector servicio, para verificar la validez de criterio.

Conclusiones

Se analizó la estructura factorial del MBI-GS para determinar su validez de constructo y su consistencia interna, considerando una muestra multiocupacional. El procedimiento que se aplicó fue el análisis factorial exploratorio, extrayendo los factores mediante el método de componentes principales, con rotación Varimax. Los resultados señalan una estructura trifactorial, coincidiendo con lo reportado por los autores del instrumento. Los hallazgos obtenidos en este trabajo indican que el MBI-GS es una escala con validez de constructo y con adecuados niveles de confiabilidad en la muestra que incluyó a nueve empresas de diferentes ramas de actividad económica.

Referencias

1. Aluja, A., Blanch, A., & García, L. (2005). Dimensionality of the Maslach Burnout Inventory in school teachers: a study of several proposals. *Eur. J. Psychol. Assess*(21), 67-76.
2. Apiquian, G. (2007). El síndrome de Burnout en la empresa. *Tercer Congreso de Escuelas de Psicología de las Universidades Red Anahuac*. Mérida, Yucatán.
3. Bakker, A. B., Demerouti, E., & Schaufeli, W. (2002). Validation of the Maslach Burnout Inventory-General Survey: an internet study across occupations. *Anxiety, Stress, and Coping*(15).
4. Barrios, L. M. (2014). *Efectos del desgaste laboral como riesgo psicosocial en la productividad*. Tesis Doctoral. Universidad de Carabobo.
5. Dávila, H. M. (2010). Clima organizacional y síndrome de burnout en una empresa mediana de manufactura. Tesis de Posgrado. IPN.México
6. De los Ríos, C., Ocampo, M., Landeros, L., Ávila, R., & Tristán, A. (2007). Burnout en personal administrativo de una dependencia gubernamental: análisis de sus factores relacionados. *Investigación y ciencia. Universidad Autónoma de Aguascalientes.*, 15(37), 16-34.
7. Deprati, M. (2001). *Síndrome del Burnout. Actualización del Síndrome de Burnout o síndrome de desgaste profesional*. (M. e. Hospital Universitario 12 de octubre, Editor) Recuperado el 12 de Junio de 2008, de J.C. Mingote Adán: [://www.socune.sld.cu/burnout.pdf](http://www.socune.sld.cu/burnout.pdf)
8. Garmendia, M. L. (2007). Análisis factorial: una aplicación en el Cuestionario de Salud General de Goldberg. *Rev. Chil. Salud Pública* , 11 (2), 57-65.
9. Gil-Monte, P. R. (Enero-Febrero de 2002). Validez factorial de la adaptación al español del Maslach Burnout Inventory. *Salud Pública de México*, 44(1).
10. Gil-Monte, P. R., & Peiró, J. (1999). Validez del Maslach Burnout Inventory en una muestra multiocupacional. *Psicothema* , 11 (3), 679-689.
11. Hernández, S., Fernández, C., & Baptista, L. (2010). *Metodología de la Investigación* (Quinta Edición ed.). México: Mc Graw Hill.
12. Kerlinger, F. N., & Lee, H. B. (2008). *Investigación del Comportamiento*. México: Mc Graw Hill.
13. Maslach, C., & Jackson, S. (1981). The measurement of experienced Burnout. *J. Occupational Behavior*, 2, 99-113.
14. Millán de Lange, A., & D'Aubeterre, M. E. (2012). Propiedades psicométricas del Maslach Burnout Inventory-GS. *Revista de Psicología* , 30(1).
15. Olivares, F. V., & Gil-Monte, R. (Septiembre de 2009). Análisis de las principales fuerzas y debilidades del Maslach Burnout Inventory (MBI). *Ciencia y Trabajo*, 160-167.
16. Pérez, C. (2001). *Técnicas estadísticas con SPSS*. Madrid, España: Pearson, Prentice hall.
17. Salanova, M., Schaufeli, W., Llorens, Peiró, J., & Grau, R. (2000). Desde el "burnout" al "engagement": ¿una nueva perspectiva? *Revista de Psicología del Trabajo y las Organizaciones*, 16(2), 117-134.

Análisis de la utilización de la mercadotecnia en las empresas de manufactura en alimentos del municipio de Tehuacán, Puebla.

M. E. Heredia Mendoza¹, A. Heredia González², R. Matías López³, M. S. López Vigil⁴, H. Santos Alvarado⁵
División de Estudios de Posgrado e Investigación. Libramiento Tecnológico S/N AP240. Tehuacán, Pue.
Área de participación: Ingeniería Administrativa

RESUMEN

De los resultados arrojados por la encuesta las empresas utilizan el micromarketing y el marketing diferenciado o segmentado como una manera de satisfacer adecuadamente las necesidades y gustos de sus clientes. En la Mezcla de Mercadotecnia los resultados indican que las estrategias que habría que reforzar son la de Precio y la de Plaza, y que las otras dos estrategias Precio y Promoción se mantengan en el nivel observado. En cuanto a la variable Competitividad se observa que incide en las habilidades tecnológicas de los recursos humanos que tiene que ver con la conjunción de dos aspectos por un lado la experiencia adquirida en el trabajo cotidiano y el otro la formación educativa, la conjunción de estos dos factores es la aspiración de cualquier empresa para posicionarse de una mejor manera a través de la innovación.

ABSTRACT

From the results obtained from the survey micro-marketing companies use the marketing and differentiated or segmented as a way to adequately meet the needs and tastes of their customers. Marketing Mix in the results indicate that the strategies should be strengthened and Price are the Plaza, and the other two strategies Price and Promotion remain in the observed level. As for Competitiveness observed variable that affects the technological skills of human resources that has to do with the combination of two aspects on the one hand the experience gained in the daily work and other educational training, the conjunction of these two factor is the aspiration of any company to position itself in a better way through innovation.

Palabras Clave: Mercadotecnia, Mezcla de Mercadotecnia, Competitividad.

ANTECEDENTES

Actualmente el mercado se comporta de una manera muy incierta y con cambios vertiginosos los cuales afectan el funcionamiento de las las PyMES manufactureras en alimentos en el municipio de Tehuacán. Por lo que se ven en la necesidad de tratar de adaptarse a estos cambios para subsistir dentro del mercado, en ese sentido es conveniente la implementación de estrategias de mercadotecnia que contribuyan al crecimiento y sobrevivencia de estas empresas.

En este sentido, se describirán la actividad económica de Tehuacán, la cual es soportada en un 98.4% con las unidades económicas de los siguientes sectores: Minería, Manufactura, Comercio y Servicios.

Las que más impactan se muestran en la de la Figura 1.1 que se muestra a continuación.

¹ Profesora del Instituto Tecnológico de Tehuacán. elenita_heredia@hotmail.com

² Profesor del Instituto Tecnológico de Tehuacán. aheredia2001@yahoo.com

³ Profesor del Instituto Tecnológico de Tehuacán. rmatiaslopez@hotmail.com

⁴ Profesora del Instituto Tecnológico de Tehuacán. misilovi@hotmail.com

⁵ Profesor del Instituto Tecnológico de Tehuacán. hsantosalvarado@hotmail.com

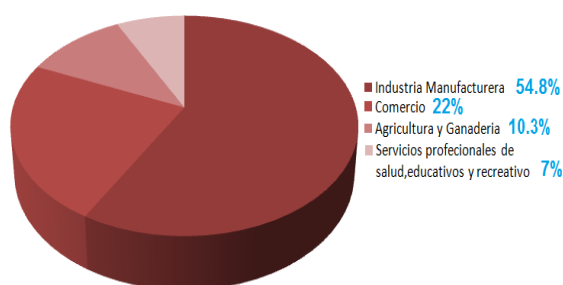


Figura 1.1. Estructura sectorial de la producción de Tehuacán

Fuente: Sosa & Rangel, 2010, p. 53

La Industria Manufacturera de Tehuacán es esencial para la economía de la región y fuente importante en la generación de empleo. A fin de ilustrar lo anterior a continuación se presenta en la Figura 1.2.

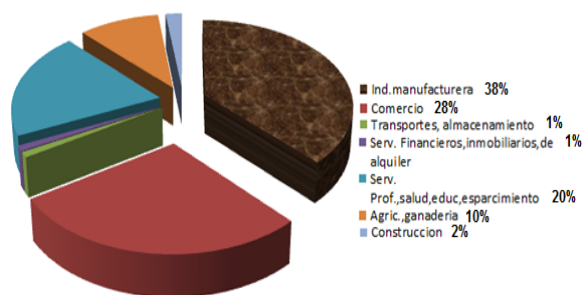


Figura 1.2. Tehuacán: estructura del empleo por sector 2003

Fuente: Sosa & Rangel, 2010; p. 51

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las empresas de manufactura en Tehuacán, se enfrentan actualmente a un mercado muy competitivo, debido a la llegada de numerosas empresas las cuales ofrecen un sin número de artículos, que en ocasiones son de mejor calidad y a un precio más accesible, por consiguiente uno de los problemas que enfrentan las empresas, es la falta de estrategias de mercadotecnia las cuales ayuden a generar mayores ventas, un mejor posicionamiento en el mercado y de esta forma sean más competitivas en el mercado.

Las empresas se enfrentan a un mercado, en donde los productos no son conocidos en otras localidades, incluso algunos son poco conocidos en nuestra región. Lo que lleva a destacar la falta de estrategias de mercadotecnia, las cuales les permitan dar a conocer su producto, no solo en la región sino en diferentes lugares, y esto a la vez les permita aumentar el número de ganancias y reconocimiento a su trabajo.

Con base en lo anterior, es necesario tomar medidas pertinentes, que ayuden a la región a conocer de forma clara, con qué características cuentan las pequeñas y medianas empresas de la región para fortalecerlas y dirigir las a ser más competitivas.

METODOLOGÍA.

Por las características del estudio, es un diseño no experimental pues no se manipulan las estrategias de mercadotecnia sino solo se observarán en el estado en que se encuentran. Con relación a lo anterior, Sampieri afirma *“La investigación no experimental es sistemática y empírica en la que las variables independientes no se manipulan por que ya han sucedido”* (2006:207).

Debido a que solamente se aplicaron cuestionarios en un solo momento se considera un estudio transversal, por otra parte el diseño de los instrumentos para la recolección de la información se hará ex profeso para este estudio lo cual le da un carácter de prospectivo, finalmente solo se observará la mercadotecnia como una variable de estudio, por lo cual es un estudio descriptivo.

La metodología que se siguió fue la siguiente:

1. En primer lugar, se llevó a cabo la operacionalización de las variables (ver tabla 1 anexo 2) de estudio con sus respectivas dimensiones e indicadores.
2. Con base en lo anterior se estructuraron las preguntas que se concretaron en un cuestionario.
3. Se llevó a cabo una prueba piloto para comprobar la confiabilidad del cuestionario.
4. Aplicación del cuestionario definitivo a las PyMES de manufactura en alimentos.
5. El instrumento de recolección de datos que se utilizó para esta investigación fue el cuestionario.
6. Por último, se llevó a cabo el análisis de datos, se describen, analizan y representan los datos de forma gráfica y numérica, se utilizó el software SPSS, para dicho análisis.

Población

El sector alimentario de este municipio está compuesto por un total de 13 empresas de manufactura, las cuales se analizarán en su totalidad mediante un censo. Posteriormente se realizará la estructuración y aplicación de un cuestionario, para la obtención de datos que darán respuesta a la influencia de la mercadotecnia en el desempeño de las empresas manufactureras del sector alimentario del municipio de Tehuacán.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se procedió al análisis de factor del **mercado meta**, este se realizó apoyado con el software SPSS, con el análisis el de factor proporcionará los elementos necesarios para poder discernir cuál de las dimensiones del mercado meta tiene más importancia.

Haciendo la corrida correspondiente, como se puede observar en la matriz de componentes rotados, se tiene que para el caso de la dimensión **mercado meta**, lo más influyente es el marketing diferenciado por los elevados puntajes obtenidos en el componente 1, realizados con color amarillo y, por otro lado, en el marketing no diferenciado su incidencia es menor pues su valor obtenido es en un solo ítem, componente 2 realizado con color verde. (Ver tabla 1, en el anexo 1).

En la variable **Satisfacción y valor al cliente** está contenida en dos dimensiones la dimensión que más peso tiene es el de la satisfacción al cliente, como se aprecia por los elevados valores obtenidos en color amarillo componente 1 y, la otra es la de redes sociales la cual es menor pues su valor obtenido es en un solo ítem, componente 2 realizado con color verde. (Ver tabla 2, en el anexo 1).

En la variable **Mezcla de mercadotecnia** está contenida en dos dimensiones la dimensión que más peso tiene es el de producto y precio, por los valores obtenidos en el componente 1 en color amarillo y, la otra dimensión es la de precio con menor peso como se aprecia en el componente 2 con color verde. (Ver tabla 3, en el anexo 1).

Ahora se pasará a analizar el rubro de **habilidades tecnológicas y de comercialización**.

En cuanto a la experiencia del personal en nueva tecnología, se observa que un 72.73% del personal tiene tres años o más de trabajar con nueva tecnología, un 18.18% tiene un año en este punto. Esto significa que la mayor parte de las empresas estudiadas apuestan a la introducción de tecnología de punta en sus procesos productivos para ser más competitivos en el sector en el que se encuentran. (Ver figura 1, en el anexo 1).

En otro rubro, la experiencia del personal en comercializar de manera única, presenta los siguientes datos, con 81.82% el personal tiene la experiencia de comercializar de manera única con tres o más años, por otro lado, con un 9.09% del personal con experiencia de tres años. En conjunto estos dos aspectos, la experiencia en el manejo de tecnología nueva y en la manera de comercializar de manera única, influyen positivamente en el desempeño de las empresas (Ver figura 2, en el anexo 1).

CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones del estudio de la mercadotecnia como herramienta para incrementar la competitividad de las empresas de manufactura en alimentos del municipio de Tehuacán. Como se observa en la investigación realizada en las empresas registradas en el INEGI, a pesar de que algunas no proporcionaron la información de cuantos años tienen en el mercado, el 18.18% que contestó confirmó que

tienen cuatro años o más, lo cual nos indica que las empresas ya tienen un tiempo considerable dentro del mercado, además, uno de los factores que influye para el éxito de una empresa son los trabajadores de los cuales el 27.27% de ellos ya tiene más de cuatro años de servicio dentro de la empresa. Otro de los aspectos importantes es el crecimiento de las ventas que esperan las empresas cada año, donde los porcentajes más representativos con un 27.27% son el aumento de entre 10 y 25% y de 25 a 50%.

Las estrategias propuestas son:

La primera estrategia es creación de redes sociales, se propone para las empresas que fueron objeto de análisis es mejorar las promociones de los productos ofertados en las redes sociales como un factor de suma importancia y que no genera costos a la empresa, por ejemplo creando una cuenta de Facebook atractiva para su mercado meta, tomando en cuenta la psicología del color para que sea aún más atractiva, facilitando también en la página el consumo del producto, por ejemplo que se puedan hacer pedidos por ese medio, además de que es un medio de comunicación efectivo con los clientes porque pueden dar sus opiniones de lo que les gusta o quisieran mejorar del producto, lo cual fortalecerá la imagen de la empresa en la mente del consumidor y lo tendrá más satisfecho. Otro medio excelente es el enviar correos electrónicos a sus clientes, informándoles promociones, ventas nocturnas, introducción de un nuevo producto, algún cambio de imagen, los correos deben ser atractivos y contener toda la información que se desea transmitir en frases cortas y claras, la ventaja de este medio es que podemos enviar estos mensajes repetidas veces a los clientes, lo cual a su vez también mejora la relación con ellos.

La segunda estrategia precios de la competencia, es para el precio de sus productos, ya que si no se hace de esta forma y el producto no genera un valor adicional en la mente del consumidor no se tendrá una satisfacción adecuada de los clientes y eso a su vez no generará beneficios a la empresa, sin embargo si se les ofrece un valor adicional a los consumidores que no ofrece la competencia, se podría incrementar un poco el precio.

La tercera estrategia es evitar la rotación del personal, ofreciéndoles capacitaciones continuas en nueva tecnología, en mejores formas para comercializar, hacer que los empleados se sientan parte de la empresa a través de seguir una carrera laboral dentro de la empresa, dándoles facilidades de incrementar sus grados profesionales, porque a la larga esto ayudará a que tengan mayor conocimiento y puedan resolver de una mejor forma los problemas, además de tener incrementos económicos.

La cuarta estrategia es no modificar la imagen de los productos constantemente, pues si se realiza de esa forma el consumidor no lo podrá tener posicionado en su mente y se abre una posibilidad de que este adquiera productos de otras empresas.

La quinta estrategia es mayores puntos de venta, esto con el fin de facilitar al consumidor la adquisición del producto en el momento que lo desee.

REFERENCIAS

Carasila, C. y Milton, A. 2008. El concepto de marketing: pasado y presente. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 2 (14), 391-412.

Castillo B. V.P., Bojórquez Z. M. I., Pérez B. A. E. 2013. La mercadotecnia, factor clave para la competitividad organizacional. *Gest. Soc.*, 6(1); 15-30. ISSN 2027-1433. Enero-junio. 16-30.

Fajnzylber, F. 1988. Competitividad internacional: evolución y lecciones. *Revista Cepal*, 36, 12-26.

Gyulavári, T. y Kenesei, Z. 2012. The Impact of Marketing Resources on Corporate Competitiveness. *Tržište*, 1 (24), 7-21.

Hernández, S. R., Fernández C. C., Baptista, L. P. 2010. Metodología de la Investigación. Ed. Mc Graw Hill. Quinta Edición.

Jiménez, J. C., Domínguez, M. L., y Martínez, C. J. 2009. Estrategias y Competitividad de los Negocios de Artesanía en México. *Pensamiento y Gestión*, 26, 165-190.

Kotler, P., Armstrong G. 2012. Marketing. Philip y Gary. Editorial Pearson Educación, México, D. F. Décimo Cuarta Edición.

Lamb, C. W., Hair, J. F. y McDaniel, C. 1998. *Marketing* (4ª ed.). México: Thomson Editores.

Morales, M. 2006. Estrategias de mercadeo de las pymes del sector confección de la región Zuliana. *Multiciencias*, 1 (6), 1-21.

Anexo 1

Tabla 1. Matriz de componente rotado Mercado meta

Mercado meta

Matriz de componente rotado^a

	Componente	
	1	2
Oferta al público objetivo	-.926	.087
Ignorar las diferencias de segmentos de mercado	.059	.989
Diseñar estrategias individuales para cada segmento	.934	.061
Se dirige a varios segmentos de mercado	.801	.216

Método de extracción: análisis de componentes principales.
 Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.
 a. La rotación ha convergido en 3 iteraciones.

Por lo que se refiere a la **Satisfacción y valor al cliente** se observa que en este caso al igual que en el caso anterior, pasa la prueba de KMO y la de esfericidad de Bartlett con se tiene en el cuadro, por tanto, se puede pasar a realizar el análisis de factor.

Tabla 2. Satisfacción y valor para el cliente, Matriz de componente rotado

Satisfacción y valor para el cliente

Matriz de componente rotado^a

	Componente	
	1	2
Satisfacción adecuada de clientes genera beneficios a la empresa	.980	.043
Empresa ofrece valor adicional a sus clientes	.760	.304
Considera que las redes sociales son un medio efectivo de promoción de sus productos	.052	.978
Tener buena relación con los clientes	.941	-.088

Método de extracción: análisis de componentes principales.
 Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

Esta variable **Satisfacción y valor al cliente** está contenida en dos dimensiones la dimensión que más peso tiene es el de la satisfacción al cliente, como se aprecia en color amarillo y, la otra es la de redes sociales con color verde.

Tabla 3. Mezcla de mercadotecnia, Matriz de componente rotado

Mezcla de mercadotecnia

Matriz de componente rotado^a

	Componente	
	1	2
Considera costos de producción para precio	-.082	-.924
Considera los precios de la competencia para precio	-.089	.935
Modifica presentación de productos	.840	.308
Elimina líneas de productos que ya no generan utilidad	.761	-.104
Ventas personales generan relaciones a largo plazo con cliente	.788	-.133
Promociones en productos estimulan las ventas	.856	.046

Método de extracción: análisis de componentes principales.
Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 3 iteraciones.

Por lo que se refiere a la **Mezcla de mercadotecnia** se observa que en este caso al igual que en los casos anteriores, pasa la prueba de KMO y la de esfericidad de Bartlett con se tiene en el cuadro, por tanto, se puede pasar a realizar el análisis de factor.

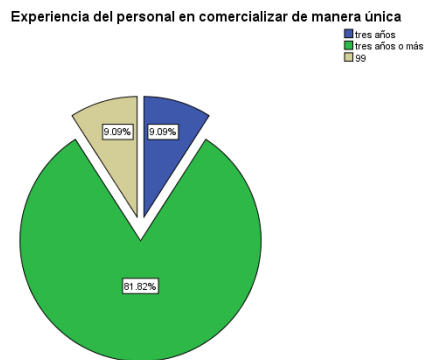


Figura 1. Experiencia del personal en nueva tecnología



Figura 2. Experiencia del personal en comercializar de manera única

Anexo 2
Tabla 1. Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores
Mercadotecnia	Mercado meta	Marketing no diferenciado o masivo
		Marketing diferenciado o segmentado
		Marketing concentrado o de nicho
		Micromarketing
	Satisfacción y valor para el cliente	Satisfacción de necesidades
		Valor al cliente
		Redes sociales
		Creación de valor para el cliente, el mantenimiento de la satisfacción de este y la construcción de relaciones a largo plazo
		Percepción de valor y precio por parte de los clientes
Plan de mercadotecnia	Mezcla de mercadotecnia	Estrategia de precio
		Estrategia de plaza
		Estrategia de producto
		Estrategia de promoción
Competitividad	Innovación	Habilidades tecnológicas
		Habilidades de comercialización
	Capital Humano	Recursos Humanos
		Aprendizaje colectivo
	Tecnología	Maquinaria y equipo
	Alianzas	Proveedores
Empresas		

¿Qué buscan las empresas locales de los Ingenieros del ITSSPC? Diagnóstico de oportunidades laborales.

H. E. Escobar Olguín¹, R.E. Vielma Castillo¹, N. Arrieta Ruiz²,

¹Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias, Del Tecnológico 53, Colonia del Tecnológico, C.P. 27800, San Pedro de las Colonias, Coahuila, México.

¹Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias, C.P. 27800, San Pedro de las Colonias, Coahuila, México.

hector.escobar@tecsanpedro.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen

Actualmente el contexto global en las sociedades modernas exige de respuestas rápidas y efectivas no sólo para aumentar su competitividad y productividad sino para mantenerse vigentes en el mercado empresarial. El panorama laboral para los egresados de ingeniería en San Pedro de las Colonias resulta poco alentador. La oferta educativa está presentando deficiencias en los recursos humanos que requiere el sector productivo local, y hasta el momento son pocas las empresas quienes participan activamente en la formación con la que cuentan los estudiantes. Hasta hoy las estrategias implementadas que vinculen los conocimientos con la práctica profesional son insuficientes. Existen desfases entre lo que solicita el mercado y lo que forman las instituciones de enseñanza superior. Con este estudio se detectaron las áreas de oportunidad y mejora laboral en dos empresas locales que revelaron la necesidad de la incursión de egresados de la Ingeniería en Gestión Empresarial como una opción eficaz.

Palabras clave: inserción laboral, empresas locales, oportunidades.

Abstract

Nowadays the global context in the modern companies demands of rapid and effective answers not only to increase their competitiveness and productivity but to keep in force on the market. The labor panorama for the gone away ones from engineering in San Pedro of the Colonies turns out to be slightly encouraging. The educational offer is presenting deficiencies in the human resources, there needs the productive local sector, and up to the moment there are small the companies who take part actively in the formation which the students of engineering possess. The strategies implemented to link the students to the professional work have not been not sufficient, not adapted. Lacks of coordination demonstrate between what it requests the market and what the institutions of education form.

Key words: insertion to the labor market, local company, opportunities.

Introducción

Los cambios tecnológicos han transformado el devenir de la sociedad, la globalización ha intervenido para movilizar el motor del desarrollo económico y social. En este nuevo contexto, las expectativas de los ciudadanos respecto del papel de los sistemas de educación y formación han aumentado notablemente, en México, durante los últimos años, las diversas administraciones han hecho repetidos esfuerzos por crear un marco nuevo de educación de calidad, centrado en la globalización y la competitividad. Es relevante lo que enuncia (Chávez, 2007) donde establece que "Hoy la tecnología nos hace dominados, con juventudes destinadas a la maquila y con escasa oportunidad de trabajar de acuerdo al potencial del individuo, hoy se transcurre por caminos escasos, artificiosos, que llevan al individuo a la desesperanza y a la frustración".

El mercado laboral durante los últimos años, (García, 2008) donde el cambio constante y la altísima competitividad a nivel global obligaba a las empresas a incorporar profesionales para los que los tradicionales criterios de selección basados en los títulos académicos ya no servían ya por sí solos para pronosticar el rendimiento de los “buenos profesionales”, facilitando que ganasen cada vez más relevancia los aspectos relacionados con la posesión o no de determinadas competencias.

Aterrizando al contexto local una de las inquietudes de los estudiantes que cursan la ingeniería en el Instituto Tecnológico Superior de San Pedro de las Colonias es la inserción al campo laboral en las empresas de la región para desempeñarse como trabajadores.

Es de sumo interés mostrar una perspectiva fundamentada en el diagnóstico de los requerimientos que las empresas del sector realizan en cuanto a las necesidades de formación y competencias de los próximos profesionales que se integren al mercado laboral.

En la educación superior, una de las mayores áreas de oportunidad es el desequilibrio encontrado entre la oferta educativa y la demanda laboral existente a nivel nacional y estatal, lo que conlleva a afrontar uno de los principales retos por parte de las instituciones educativas en la colocación de sus egresados en el mercado laboral.

Según el laboratorio de análisis institucional del sistema universitario mexicano (Reyes, 2013) La tasa de desempleo de los profesionales mexicanos menores de 25 años es de casi el 14 por ciento, es decir, el triple de la tasa de desempleo de los mayores de 30 años.

Explica también que hay un desfase muy fuerte que estrecha el mercado laboral en México para los miles de profesionistas. Tampoco ofrece opciones bien remuneradas ni acordes a los años de formación universitaria. Una tercera parte de los profesionales del mercado laboral realiza actividades que no guardan ninguna relación académica con su formación. Y quienes logran insertarse, reciben un sueldo por debajo de las expectativas personales y profesionales.

Frente a esta situación, representantes de organismos internacionales advierten que se trata de una tendencia que no va a cambiar, a menos que las instituciones de educación superior se comprometan de manera decidida a incluir al sector privado en el diseño de sus estrategias educativas.

Hasta ahora, dicen, las estrategias implementadas para vincular a las universidades con el sector productivo no han sido ni suficientes, ni adecuadas. Las cifras siguen mostrando una brecha entre lo que demanda el mercado y lo que forman las instituciones de enseñanza superior. Las debilidades de la inserción laboral de los jóvenes afectan no solamente su propio bienestar (Weller, 2007) sino también algunos elementos clave del desarrollo socioeconómico en general produciendo cambios que implican la revisión de la situación laboral encontrándose que va empeorando, en sintonía con el deterioro de la empleabilidad.

Para (Romero, 2004), La inserción laboral incluye tanto la incorporación de la persona a un puesto de trabajo como el mantenimiento del mismo. La inserción laboral es un proceso integral en el que intervienen distintos factores para su realización, desde las características que presentan las personas y las oportunidades que ofrece el mercado laboral originándose un encuentro efectivo entre la empleabilidad y la ocupabilidad, (Bisquerra, 1992).

El proceso de inserción laboral ha cambiado con el paso del tiempo como resultado del contexto que el mercado laboral exige. Actualmente, las nuevas generaciones tienen más opciones para insertarse al mercado laboral. Esto proviene de la revisión que hace (Pelayo, 2013) donde una baja exigencia profesional por parte de las empresas, denota hasta dónde se involucran los procesos de selección de personal adecuado para ocupar un puesto ya que los jóvenes que se insertaron relativamente rápido no ocuparon tener un título universitario, hecho que justifica y perpetúa su precaria situación y el poco crecimiento personal y profesional.

Por eso, se abre un dilema entre rediseñar la vinculación y los planes y programas de estudio de las universidades, y la pertinencia de abrir mayores espacios al sector empresarial en el terreno de la educación

superior. Una disyuntiva que no debe agotarse en una confrontación ni un debilitamiento de los espacios, los derechos y responsabilidades de la educación superior pública del país. Al adolecer de la perspectiva de uno de los agentes clave en la transición al mercado de trabajo se coincide con lo planteado en (Valero, 2012) conscientes de este déficit, sensibles a esta necesidad se plantea la necesidad de identificar que competencias deben manifestar los egresados candidatos a ocupar una vacante y demostrar su nivel de competitividad en el mercado.

Resulta apremiante aplicar una revisión meticulosa sobre el desempeño real de sus egresados en el mercado laboral, en vez de basarse únicamente en suposiciones al momento de abrir programas o de limitar el ingreso a otros, señala (Wietse, 2008) Los datos indican que se podría ampliar el ingreso a las carreras tradicionales, mientras que el conjunto de carreras científicas y novedosas amerita una cuidadosa revisión. Parte de estos programas contribuye al desarrollo, pero varias carreras demuestran serios problemas en el momento de colocar sus egresados en el mercado laboral.

Se procedió a preguntar a las empresas sobre aquellos aspectos relacionados con la incorporación de estudiantes próximos a egresar para identificar la perspectiva que tiene en el mercado laboral a fin de eslabonar las competencias adquiridas en su proceso de formación con las demandas actuales que tiene el sector, con especial interés en el campo de las competencias profesionales requeridas a los candidatos demandantes de empleo.

Objetivo General

- Diagnosticar las necesidades ocupacionales de las empresas locales para la inserción laboral de estudiantes de ingeniería.

Objetivos Específicos

- Identificar las necesidades laborales de sector productivo en San Pedro de las Colonias.
- Detectar las oportunidades laborales de los estudiantes de ingeniería en el mercado empresarial de la región.
- Conocer la percepción del sector productivo de los egresados de las carreras de Ingeniería.

Metodología

Para desarrollar la presente investigación se utilizó metodología cualitativa, es un estudio exploratorio-descriptivo cuya finalidad es registrar e interpretar las opiniones de los sujetos que participaron. Se procedió en la recopilación de datos para el diseño del instrumento de detección de necesidades aplicadas en dos empresas locales del municipio de San Pedro de las Colonias.

Las entrevistas semi-estructuradas se realizaron con el formato en mano para ser explicado y llenado por los gerentes de planta en el sector de polietileno y de manufactura. Fue en la aplicación del instrumento donde a manera de acompañamiento fueron relatando las áreas de oportunidad y mejora que se presentan en la empresa en su análisis así como la emisión de alternativas de solución. Se aplicaron 15 preguntas el 24 y 25 de junio de 2015 respectivamente para la obtención de información, y se procedió a interpretar la percepción de los gerentes de planta para identificar las necesidades laborales del sector productivo de San Pedro de las Colonias.

Se hizo una revisión de documentos escritos de actualidad para dar mejor sustento sobre la realidad del contexto y con factor de impacto. Así mismo se efectuó la descripción de las alternativas de solución que han tomado en estos casos, así como la interpretación del significado que tiene para las empresas la aplicación del instrumento.

Resultados y discusión

Caso 1. Empresa de fabricación de productos de plástico: polietileno espumado, burbuja inflada y sus derivados (transformados).

Actualmente cuenta para su operación con ocho departamentos distribuidos en áreas de:

- Producción
- Ventas
- Administración
- Contabilidad
- Mantenimiento
- Almacén
- Logística/ Compras
- Transformación.

Las posibles áreas de participación para la detección de necesidades se manifiestan en la elaboración de un plan de acción y prevención en el área de mantenimiento, seguridad e higiene, así como la estandarización de procesos en cada área.

Las necesidades:

Programas de mantenimiento preventivos, diseño y elaboración de bitácoras que permitan el monitoreo de aplicación de eficiencia en los procesos, generación de comparativos que demuestren la vida útil de equipos con los reales, eficientar los tiempos muertos, determinar los perfiles de puestos en cada área que se apeguen a dar respuesta a cada necesidad interna.

Para dar funcionamiento a las actividades:

Mantenimiento general de la maquinaria, así como el de la planta. Efectuar revisiones y mediciones de equipos instalados, control de refacciones e insumos.

Las metas a corto plazo

Cubrir en la inmediatez las necesidades más apremiantes. Es de vital importancia dar a conocer a los trabajadores de cada área la preservación de los equipos; conservar en óptimas condiciones, para reducir gastos en mantenimiento, una vigilancia en el cuidado del equipo que se utiliza para eficientar la producción, así como la concientización del personal al utilizar las máquinas de trabajo.

Uno de los requerimientos para permitir la inserción de Ingenieros en Gestión Empresarial es que los egresados demuestren habilidades para la dirección y ejecución de estas necesidades. El personal que integra estos puestos maneja equipo que requiere de vigilancia y mantenimiento debido a que son equipos costosos.

Caso 2. Empresa de fundición de componentes de hierro y acero.

Actualmente cuenta para su operación con diez departamentos distribuidos en áreas de:

- Modelos
- Moldeo
- Fusión

- Acabados Final e intermedio
- Tratamiento Térmico
- Maquinados
- Ensamblados
- Pailera
- Mantenimiento
- Calidad

Las posibles áreas de participación:

Identificar las problemáticas principales para aprovechar las áreas de oportunidad y forjar pilares de mejora continua en las siguientes escalas:

- Productividad
- Calidad
- Tiempo de Entrega

Necesidades:

Capacitar al personal idóneo para obtener mayores conocimientos sobre los procesos obteniendo mejores producciones, clasificar los tipos de indicadores que se lleguen a manipular y obtener sobresalientes resultados.

Llevar el control de planificación adecuada con la finalidad de obtener el producto a tiempo.

Reducir la tendencia anual de accidentes generados en la empresa, atendiendo las acciones resultantes en la auditoría.

Las metas a corto plazo

Dar seguimiento a los departamentos de producción y área de soporte donde se involucra calidad, mantenimiento y materiales, forjar los pilares de mejora.

El formato de entrevista semi-estructurada aplicado a las dos empresas ubicadas en San Pedro de las Colonias Coahuila, muestran las impresiones de quienes tienen a cargo la dirección de cada uno de los departamentos, concuerdan que las personas con una formación de ingeniería pueden resolver con mayor precisión los problemas que en cotidiano se presentan, debido a que a lo largo de la carrera los estudiantes adquieren habilidades aplicables a la solución efectiva de las demandas laborales.

En relación a esto se concuerda con lo expresado por el presidente de la academia de Ingeniería Sergio Alcocer (XpertCAD, 2014), en México el total de Ingenieros suma 1 millón 400 mil, en contraste con China donde la cifra asciende a 42 millones, en este sentido, desde su perspectiva, el ingeniero mexicano del siglo XXI debe tener la capacidad no sólo de usar, sino de crear alta tecnología a partir de la investigación. Enfatizó también en el hecho de contar con más mujeres ingenieras, en este punto, a nivel mundial el perfil femenino solo figura con un 13% de participación.

A nivel global, las ingenierías más solicitadas son las enfocadas a las áreas de Alimentos, Química, Mecánica y Mecatrónica, debido a que la oferta existente es muy limitada. Los ingenieros son los más solicitados en el mercado laboral debido a que su formación académica les permite satisfacer diversos perfiles dentro de las empresas. (Et.al 2014.)

Las necesidades para este contexto revelan la inserción laboral de Ingenieros provenientes del Instituto (ITSSPC) enclavado en el municipio como alternativas de solución a las demandas locales, debido a la naturaleza de operación de las empresas convocadas para esta investigación.

Conclusiones

Los casos de las empresas locales que participaron en la detección de necesidades laborales permitieron elaborar un diagnóstico e identificación de las demandas actuales que tienen para dar funcionamiento a sus actividades y cumplir con la misión y visión organizacional.

Caso 1. La empresa requiere que en su inserción laboral los profesionistas se involucren más en la toma de decisiones, los ingenieros egresados revelen competitividad y eficiencia no solo en la producción sino en la capacidad para resolver problemas de los departamentos mencionados. El liderazgo y el compromiso son fundamentales para lograr incluir a los trabajadores en la concientización del uso y cuidado de los equipos que se operan para aprovechar la vida útil de la maquinaria.

Caso 2. Para la consecución de los pilares de mejora continua la empresa determinó que para el logro de las metas organizacionales el especial cuidado fue centrado en la productividad; enfatizó los tiempos de ejecución de las funciones en los distintos puestos, la disminución de accidentes, y la necesidad de profesionales que centren sus esfuerzos en la capacidad para elevar la calidad de los procesos que se involucren a dar continuidad a lo establecido en sus metas, de acuerdo a lo configurado en la estructura ideológica que sustenta la razón social de la empresa.

Una de las limitaciones durante el estudio fue que no todas las empresas en la ciudad atendieron el llamado argumentando falta de tiempo y actividades internas que interfirieron para efectuar el contacto con los demás gerentes. Con el desarrollo de esta investigación se plantea la continuidad del proyecto que permita ampliar el panorama de inserción de egresados de la institución (ITSSPC) en el mercado laboral del municipio.

Respecto a lo anterior se puede concluir que las actuales demandas de las empresas locales manifiestan la visión global que comparten las empresas competitivas donde los desafíos van compaginándose al reto principal que exige el sector, donde los Ingenieros en Gestión Empresarial están ocupando puestos y ganando terreno en el campo industrial y en las empresas. Los egresados que laboran actualmente desarrollan competencias que implican la revisión de áreas que indirectamente no se mezclan con su perfil profesional optando por caminos de mejor capacitación. La especialización puede resultar una herramienta que abre el panorama, amplía la capacidad de soluciones ya que la mayoría de los graduados no tiene conocimientos meticulosos que los conduzcan de primera instancia a la solución inmediata de las demandas que el entorno solicita.

Referencias

1. Bisquerra, R. (1992). *Orientació psicopedagògica i desenvolupament de recursos humans*. Barcelona: La Llar del Llibre.
2. Chávez, J. (2007). La competitividad y calidad de las empresas en Latinoamérica. México, 679 p.
3. Pelayo Pérez, M. (2012) Capital social y competencias profesionales: Factores condicionantes para la inserción laboral. Disponible en <http://www.eumed.net/>.
4. Reyes, C. (2013) Universidades y empresas estrechan el mercado laboral de los egresados. Nota periodística publicada el 07 de febrero de 2013 en [www. http://laisumedu.org/](http://laisumedu.org/)
5. Romero, V., Pérez, E., Vidal, S. y Juez, M. (2004). *Inserción Ocupacional*. Barcelona: Altamar.
6. Artículo de Internet ¿Qué buscan las empresas en los nuevos ingenieros? <http://xpertcad.com/blog/2014/07/01/que-buscan-las-empresas-en-los-nuevos-ingenieros/>
7. Valero, F. (2012) Estudio sobre Demandas del Mercado Laboral a los Titulados Universitarios. Universidad de Granada. <http://cpep.ugr.es/pages/documentos/estudiodemandasdelasempresasalostitulados2012/>
8. Weller J. (2007) La inserción laboral de los jóvenes: características, tensiones y desafíos. Agosto 2007. Páginas: 61-82. Revista CEPAL N° 92. <http://www.cepal.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/revista/noticias/articuloCEPAL/7/29587/P29587.xml&xsl=/revista/tpl/p39f.xsl&base=/revista/tpl/top-bottom.xsl>

9. Wietse (2008) Conclusiones a contrapelo. La aportación de distintas carreras universitarias a la satisfacción en el empleo. *Revista de la Educación Superior* Vol. XXXVII (2), No. 146, Abril-Junio de 2008, pp. 67-84. ISSN: 0185-2760.
10. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/hogares/modulos/enilems/default.aspx>.

La administración orientada a la atención al cliente en una empresa educativa del sistema abierto.

J. M. García Mejía^{1*}, J. Cuallo Hernández², I. A. Guillén Rendón³, H. Santos Alvarado⁴

¹Departamento de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Tehuacán, Libramiento Tecnológico s/n, C.P. 75770, Tehuacán, Puebla, México.

²Departamento Académico, Instituto Ideas de Tehuacán A.C., Calle San Sebastián #117, Fraccionamiento La Arcadia, Tehuacán, Puebla, México

³Departamento de Gastronomía y Turismo, Universidad del Valle de Puebla, Campus Tehuacán, Carretera Federal Tehuacán-San Marcos Necoxtla # 6900, Tehuacán, Puebla, México

⁴Departamento de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Tehuacán, Libramiento Tecnológico s/n, C.P. 75770, Tehuacán, Puebla, México

*posgrados10@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Administrativa.

Resumen

Las buenas prácticas con el cliente nos darán como resultado un incremento en la calidad del servicio, en la matrícula educativa institucional, lo que por ende, desembocará en un mayor crecimiento de la organización y por lo tanto, mayores utilidades. El tema en esta investigación, tiene como base el trato que se le da al "cliente" en las distintas instituciones educativas de sistema abierto de Tehuacán, viendo a este último como moneda de cambio, y no dándole una atención integral correcta, obstaculizando su egreso de la institución educativa, con el único fin de retenerlo más tiempo del debido, esto de manera deliberada en ocasiones. Se sugiere un sistema administrativo integral de calidad hacia el cliente, acompañado de las herramientas necesarias para su correcto desarrollo y por ende, de su egreso de la institución de manera profesional, ágil y con una preparación académica acorde a lo demandado por la sociedad

Palabras clave: Administración estratégica, educación abierta, cliente, servicio educativo.

Abstract

Good practices with the customer will give us results in an increase in service quality, institutional educational enrollment, which therefore lead to further growth of the organization and at therefore higher profits. The theme in this research is based on the treatment that is given to the "client" in the various educational institutions open system of Tehuacan, seeing the latter as currency, and not giving proper comprehensive care, hampering their graduation the educational institution, for the sole purpose of holding it longer because this sometimes deliberately. A comprehensive quality management system to the customer, together with the tools necessary for proper development and thus of their graduation from the institution of professional, agile and with academic preparation according to the defendant by the company suggested.

Introducción

El sistema educativo abierto en nuestro país está conformado por 2 organizaciones: El Instituto Nacional para la Educación de los Adultos (Desde ahora referido como INEA) y Preparatoria Abierta (Desde ahora referido como PA). Ambas organizaciones nacieron entre los años 1976 y 1983, para abatir el rezago educativo en las zonas rurales y urbanas del país. Como apoyo a INEA y a PA, nacen los "centros de asesoría", estas son instituciones educativas de corte particular, que

perciben el pago mensual de una colegiatura por proveer los servicios de asesoría en las áreas de primaria, Secundaria y preparatoria abierta, todo esto, bajo la incorporación y con la autorización del INEA y PA. En Teoría, un alumno termina sus estudios de primaria, secundaria o preparatoria abierta a su propio ritmo, siendo autodidacta y cursando exámenes, hasta finalizar el plan de materias correspondiente a cada nivel educativo. En los centros de asesoría particular, se ofrecen servicios de primaria y secundaria en 6 meses o preparatoria en 10, 12 o 18 meses, lo cual representa una reducción de tiempo considerable, comparándolo con el sistema escolarizado.

A través de una programación con calidad formal y adecuada es posible proveer estos servicios en los tiempos estipulados anteriormente, sin embargo, muchos centros de asesoría retienen al alumno durante más tiempo, por el simple hecho de que este último cubra más colegiaturas de las debidas, y de esta manera, alargar su estancia en el centro de asesoría. Las tácticas para esto, es el retraso en los trámites de exámenes, invención de calificaciones aprobatorias, para después mencionar al alumno que fue un error del sistema educativo y que por ende debe repetir la o las materias correspondientes, e incluso se le obliga al alumno a cursar materias que no son propias de su área, esto, como se mencionó anteriormente, para obligar al alumno a pagar sus colegiaturas extras y alargar su estadía en el centro de asesoría.

Es imperativo cambiar la manera de ver al alumno de sistema abierto, y cambiar la administración de la atención hacia el mismo, ya que de no hacerlo, el sistema abierto continuará con los vicios administrativos que contiene hasta hoy en día y se perderá una gran herramienta para abatir el gran rezago educativo existente en nuestro país. En México, hay actualmente más de 810,000 alumnos en sistema abierto, es decir, el 5% del total de matrícula en sistema escolarizado. La gran mayoría de estos no son atendidos de manera académicamente profesional. Adicional a esto, el alumno no logra la meta de terminar sus estudios de nivel básico, debido a distintos factores como hartazgo, problemas para cubrir las colegiaturas mensuales y terminan por desertar del sistema abierto y tampoco regresan a sistema escolarizado; por ende, el individuo queda sin preparación académica alguna.

La calidad educativa, se refiere a los efectos positivamente valorados por la sociedad respecto del proceso de formación que llevan a cabo las personas en su cultura. Se considera generalmente cinco dimensiones de la calidad: filosofía (relevancia); pedagogía (eficacia); cultura (pertinencia); sociedad (equidad); economía (eficiencia). Muñoz (2003), explica que la educación es de calidad cuando está dirigida a satisfacer las aspiraciones del conjunto de los sectores integrantes de la sociedad a la que está dirigida; si, al hacerlo, se alcanzan efectivamente las metas que en cada caso se persiguen; si es generada mediante procesos culturalmente pertinentes, aprovechando óptimamente los recursos necesarios para impartirla y asegurando que las oportunidades de recibirla -y los beneficios sociales y económicos derivados de la misma- se distribuyan en forma equitativa entre los diversos sectores integrantes de la sociedad a la que está dirigida.

La oportunidad de este ejercicio investigativo es de gran valor, ya que, de aplicarse correctamente, proyectará al sistema abierto como una alternativa académica profesional y atractiva para todas aquellas personas que no concluyen sus estudios en sistema abierto. El presente trabajo está enmarcado en una concepción de ser humano quien de acuerdo a Zubiri (2006) se le debe analizar como una entidad compleja y paradójica, y sobre todo como un ser pluridimensional, ya que es un ser en sí mismo, un ser en relación con los otros seres humanos un ser corpóreo espiritual, emocional, intelectual, cultural, histórico y libre.

Metodología

Tipo, Método y Alcance de Investigación.

Según lo que plantea Carlos Sabino (1992), en un proceso de investigación es necesario tener en cuenta todos los factores que influyen en el problema, como su contexto, sus condiciones, sus cambios y principios. Es por aquel motivo que el marco metodológico nos contextualiza

profundamente en el problema, no sólo por parte teórica sino también práctica, viendo la forma de estudiar los diversos factores que afectan al problema.

En esta investigación, para el análisis de las variables, se empleó un diseño de investigación no experimental con un enfoque correlacionales-causales. Se trata también de una investigación de campo, por cuanto tiene como propósito indagar la problemática actual en las instituciones particulares de educación abierta en el municipio de Tehuacán, con el objeto de comprobar la hipótesis y descubrir la relación entre las variables. En este sentido, en el estudio se recolectará información de fuentes primarias a través de entrevistas y cuestionarios que permitirán analizar la problemática de la educación abierta en instituciones particulares en el municipio de Tehuacán y posteriormente aplicar los modelos de calidad descritos anteriormente en este trabajo de investigación.

Se determinará el alcance de la investigación, definiendo lo que se pretende que sea y lo que no se pretende que sea ésta. En este último sentido, deben realizarse ciertas precisiones en lo relativo al estudio de la eficacia y eficiencia administrativa, y la planificación estratégica. En primer lugar, la investigación no pretende realizar juicios de valor sobre la actuación de los gestores de las diferentes instituciones educativas particulares de sistema abierto en el municipio de Tehuacán, ni establecer un ranking de preparatorias abiertas según la opinión del autor. Como se verá más adelante, la postura del autor es que la eficacia organizativa puede entenderse como un juicio acerca de la organización pronunciado por los grupos de interés acerca de sus resultados, su capacidad de obtener recursos y las características de sus procesos.

En cuanto al sistema administrativo, cabe realizar una consideración semejante a la de la eficacia organizativa: en esta tesis no se pretende describir un modelo de administración específico para las instituciones educativas particulares de sistema abierto. En definitiva, esta investigación no tiene como objetivo principal dar modelos prescriptivos de administración ni determinar qué instituciones educativas de sistema abierto son eficaces y eficientes y cuáles no, tampoco pretende dar un modelo de planificación estratégica alternativo a los existentes. Con esta investigación, se pretende contribuir al desarrollo de un sistema de administración eficaz y eficiente de calidad en la educación media superior en su modalidad de sistema abierto.

Es también una investigación descriptiva ya que implica observar y describir el comportamiento de un sujeto sin influir sobre él de ninguna manera. Es por último una investigación inductiva ya que obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares. En éste trabajo, la encuesta se efectuó a la población objeto de estudio, personas, que sin importar la edad o el género, sean alumnos de algún centro de asesoría particular de sistema abierto en el municipio de Tehuacán. Para aportar evidencia empírica sobre los objetivos propuestos y contrastar las hipótesis de esta investigación, se aplicó un cuestionario estructurado sobre los servicios que ofrecen los centros de asesoría particulares de educación abierta en el municipio de Tehuacán, para lo cual se seleccionó una muestra aleatoria.

El cuestionario (Anexo) se diseñó para conocer la opinión de los usuarios de las instituciones educativas particulares de sistema abierto en diferentes aspectos en forma directa y simple mediante un análisis de tipo cualitativo para poder determinar las conclusiones que se correspondan con los datos recogidos. Para la elaboración de las preguntas se utilizó el método de Likert que consiste en un conjunto de ítems presentados en forma de afirmaciones o juicios ante los cuales se pide la reacción de los sujetos. Es decir, se presenta cada afirmación y se pide al sujeto que externé su reacción eligiendo uno de los cinco puntos de la escala. A cada punto se le asigna un valor numérico. Así, el sujeto obtiene una puntuación respecto a la afirmación y al final se obtiene su puntuación total sumando las puntuaciones obtenidas en relación a todas las afirmaciones.

Los ítems estructurales de la herramienta de medición fueron diseñados, tal como se presenta en la tabla 1:

Variable	Dimensión	Indicadores	Items
Percepción del servicio al cliente en una institución educativa particular de sistema abierto en el municipio de Tehuacán, Puebla.	Atención Administrativa	Grado en que la institución educativa satisface el cumplimiento de trámites del alumnado, tomando en cuenta rapidez y resultado, también mediremos la percepción de la atención recibida, en términos de recepción y amabilidad	¿Le explicaron al alumno a detalle como funciona el sistema de Prepa? ¿Le explicaron al alumno como solicitar exámenes? ¿Le explicaron al alumno donde se pueden realizar los exámenes? ¿El alumno conoce un calendario de exámenes y sabe como utilizarlo? ¿El Alumno conoce con exactitud cuantos exámenes puede pedir? ¿El centro de asesoría tiene instalaciones adecuadas para funcionar? ¿El centro de asesoría explicó al alumno donde puede checar sus calificaciones?
	Atención Académica	Grado en que el alumno percibe las asesorías académicas que se le imparten en la institución educativa, en términos de profesionalismo, preparación académica del asesor, instalaciones, material de estudio y resultados de exámenes.	¿El Asesor tiene la preparación académica necesaria para impartir clase? ¿El Asesor tiene la experiencia necesaria para impartir la materia? ¿Al Alumno le brindan material de estudio actualizado para preparar exámenes? ¿El alumno tiene acceso a los libros del sistema de Preparatoria abierta? ¿El profesor llega de manera puntual a impartir la clase? ¿Las instalaciones donde le imparten clase son adecuadas para el alumno? ¿El centro de asesoría tiene como mínimo 7 maestros distintos para materias?

Tabla 1. Concentrado de Variables y Dimensiones.

La encuesta fue aplicada en la fecha oficial de exámenes nacionales del sistema abierto (Junio 2015), a las afueras de la sede 006 de aplicación de exámenes del sistema de Preparatoria Abierta. Cabe destacar que en dicha sede, presentan exámenes aproximadamente el 95% de la población estudiantil de sistema abierto en el municipio de Tehuacán. El estudio se desarrolló por muestreo, donde se escogieron mediante procedimientos estadísticos una parte significativa de todo el universo, teniendo en cuenta el porcentaje de error calculado para el caso, de esta forma los hallazgos obtenidos a partir de la muestra pueden generalizarse a todo el universo con un margen de error conocido y limitado. Al aplicar la fórmula correspondiente de determinación de tamaño de muestra con población conocida se obtuvo un resultado de 64 alumnos. En el gráfico 1, se muestra la relación de estudiantes encuestados por escuela en la que están inscritos, por lo que su opinión es un buen indicador de la percepción acorde a la institución en la que recibe el servicio educativo.



Gráfico 1. Relación de estudiantes encuestados por institución.

Resultados y discusión

Resultados.

Al finalizar la aplicación de la encuesta, se vaciaron los datos en una hoja de Excel y se aplicó la prueba de alfa de Cronbach para comprobar la fiabilidad de los datos, obteniendo como coeficiente 0.83, por lo cual se deduce que la información es confiable y apta para su presentación y análisis.

Se obtuvieron las respuestas, presentadas en la tabla 2 de acuerdo a los alumnos, dichas respuestas fueron divididas por institución educativa, dejando de lado a los estudiantes independientes, ya que la presente tesis, solo se enfoca en la problemática de los estudiantes de instituciones educativas particulares de sistema abierto.

Puntuación por Preguntas	Puntaje	Escuela	Encuestados	Porcentaje d
En mi centro de asesoría tengo acceso a los libros del sistema de preparatoria abierta	3.00			
En mi centro de asesoría hay mas de 5 profesores distintos que imparten las diferentes materias en el sistema	3.50	Instituto Anglo-Americano	19	29.
El centro de asesoría me brinda material de estudio actualizado para poder preparar mis exámenes	3.60	Instituto Tomas Alva Edison	18	27.
Al inscribirme al centro de asesoría me explicaron a detalle como funciona el sistema de Preparatoria Abierta	3.80	Instituto Ideas de Tehuacán	13	20.
Mis profesores llegan de manera puntual a impartir clase	3.80	CETEC	9	13.
Mis profesores cuentan con la preparación académica suficiente para poder impartir la materia asignada	4.00	Centro de Asesorías Ghandi	4	6.1
Mi profesor tiene experiencia al impartir clases	4.00	Escuela Nacional de Sistemas Abiertos (ENSA)	2	3.0
El centro de asesoría donde estudio, tiene instalaciones adecuadas para funcionar como escuela	4.00	Centro de estudios Abiertos Miguel Hidalgo	1	1.5
En mi centro de asesoría los salones son aptos para recibir clase, están bien ventilados, son seguros y están limpios	4.00			
Al inscribirme me explicaron a detalle como solicitar exámenes	4.10			
Conozco con exactitud la cantidad de exámenes que puedo solicitar cada Quincena	4.10			
En mi centro de asesoría me indicaron con exactitud donde, como y cuando puedo checar las calificaciones de los exámenes que presento	4.10			
Conozco un calendario de exámenes y se como utilizarlo	4.20			
en el centro de asesoría me informaron cuales son las sedes donde puedo realizar mis exámenes	4.30			

Tabla 2. Puntuación por preguntas, ordenado por Escuelas.

En el gráfico 2. Se observa el puntaje obtenido por las opiniones de los alumnos inscritos en el sistema abierto de la localidad por respuesta.:

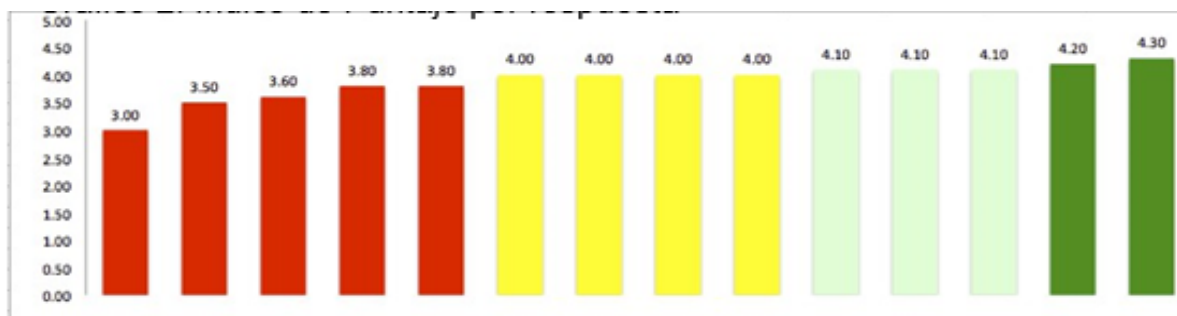


Gráfico 2. Índice de puntaje por respuesta

En el anterior gráfico se colocó el puntaje obtenido por cada ítem en la encuesta, de manera ascendente. Del gráfico 2, se obtiene la siguiente información: Los ítems con puntaje más bajo son:

- En mi centro de asesoría tengo acceso a los libros del sistema de preparatoria abierta

- En mi centro de asesoría hay más de 5 profesores que imparten las distintas materias en el sistema
- En mi centro de asesoría me brindan material de estudio actualizado para preparar mis exámenes.
- Al inscribirme el centro de asesoría me explica a detalle cómo funciona el sistema de preparatoria abierta.
- Mis profesores llegan de manera puntual a impartir clase.

Estos 5 ítems obtuvieron un puntaje entre 3.00 y 3.80, por lo cual, se observa que la principal problemática de las instituciones particulares de educación abierta en el municipio de Tehuacán, es la falta de material bibliográfico, la falta de personal, y falta de puntualidad en el personal que labora en estos centros educativos. Por lo que respecta a los 9 ítems restantes, 4.0 a 5.0 es una puntuación aceptable y que no denota una gran problemática en estos campos.

Con respecto a la información obtenida en las encuestas, se obtiene lo siguiente:

1. El alumnado de las instituciones educativas particulares de sistema abierto, está consciente de la situación del centro de asesoría donde acude, esto se infiere dado los puntajes en cada uno de los ítems, ya que estos, tienen un patrón de respuesta de manera consistente.
2. El Alumnado de las instituciones educativas particulares de sistema abierto, conoce de manera amplia y profunda el funcionamiento del sistema de preparatoria abierta, esto se denota en el puntaje de las respuestas 10, 11, 12, 13 y 14. El alumno tiene un índice de acuerdo alto con respecto a la información que se le proporciona en el centro de asesoría, acerca de la forma de inscripción, sistema de trabajo, solicitud de exámenes e incorporación a clases; esto se ve reflejado con puntajes de 4.10, 4.10, 4.20, 4.20 y 4.30 Sobre 5. Son los valores más altos dentro de nuestra tabla de resultados.
3. El alumno de las instituciones particulares educativas de sistema abierto en el municipio de Tehuacán, tienen criterio suficiente para evaluar a sus profesores; esto lo podemos ver en las respuestas de los ítems 6, 7 8. El alumnado tiene una imagen positiva de los profesores de su centro de asesoría, y los califican como personas competentes y capaces para el puesto que están desempeñando.
4. La pregunta 9, habla específicamente sobre el tipo de instalaciones que tienen los diferentes centros de asesoría particulares en el municipio de Tehuacán. La respuesta es de 4 sobre 5; lo cual nos indica que los alumnos están satisfechos con los lugares donde toman clases, además de sentirse seguros y cómodos.
5. Las respuestas con los puntajes más bajos son las que hablan acerca del material bibliográfico y los planes de trabajo en las instituciones particulares de sistema abierto en el municipio de Tehuacán. Es decir, los ítems 1, 2 y 3, con un puntaje entre 3.50 y 3.

Interpretación de Resultados.

Estas respuestas nos presentan una problemática importante dentro de los CA en el municipio de Tehuacán; hay alumnos que nunca han visto un libro de preparatoria abierta, es decir, no los conocen, no saben qué temas va contenidos y no saben dónde conseguirlos. La preparación de exámenes se basa simplemente en resúmenes bajados de servidores de internet o por la simple intuición de lo que puede venir en los exámenes. Este problemática nos da como resultado un alto índice de calificaciones reprobatorias, y también un rango muy bajo de calificaciones aprobatorias.

Por ende, el alumno de preparatoria abierta y también muchos centros de asesoría, optan por comprar de manera ilícita las claves de respuestas de los exámenes para dárselas al alumno 2 horas antes del examen, para que este las memorice y simplemente llegue a vaciar los datos en la hoja de respuesta, sin siquiera saber lo que está contestando. Por ende, el alumno de preparatoria abierta, se gradúa del sistema y obtiene su certificado con bases de conocimiento escuetas y muy limitadas, lo que le complica su entrada a cualquier institución educativa de nivel superior. El gran mal de las instituciones educativas particulares de sistema abierto, radica en esto último, en la

compra de claves y en el conformismo por parte del alumno por aprobar exámenes de esta manera, por lo que se comprueba la hipótesis que un sistema de administración eficaz y eficiente es factor desencadenante para una mayor calidad institucional tanto en los ámbitos académicos como administrativos.

Trabajo a futuro

Es oportuno comentar acerca del trabajo a futuro de esta investigación, el cual consiste en implementar las acciones de una propuesta estratégicamente orientada hacia la mejora de la calidad de la educación en los estudios abiertos del nivel medio superior.

Conclusiones

Para finalizar, se puede afirmar, que el prescindir de claves, y de acciones ilícitas para aprobar los exámenes, ayudan a mejorar notoriamente el nivel de percepción de "calidad" en el alumnado, acerca del centro de asesoría donde estudia. De esta manera también reforzamos la confianza y la motivación personal en cada uno de los educandos, por ende, estaremos formando alumnos con un gran grado de preparación académica y personal para enfrentar los retos futuros en la educación superior.

Agradecimientos.

Un especial agradecimiento a las aportaciones del Mtro Jonathan Cuallo Hernández, director de la preparatoria abierta "Instituto Ideas de Tehuacán, A. C.", quien a través de su investigación base, se ha podido llegar a los resultados presentados.

Referencias

Bibliografía:

- A. I. Vroeijenstijn, Improvement and Accountability: Navigating Between Scylla and Charybdis : 1995 Guide for External Quality Assessment in Higher Education,
1. Alvarez Fernandez Manuel. 1998 El Liderazgo de la Calidad Total. Barcelona: Escuela Española,
2. Apodaca, Pedro y Lobato, Clemente. 1998 Calidad en la universidad: Orientación y evaluación. España: Laertes.
3. Arcaro, J S . 1995 Quality in education: an implementation handbook Delary Beach, FA: St Lucie Press.
4. Arrién, Juan. 1998 Calidad y Acreditación exigencias a la universidad
5. Astin, A. Alcanzando la excelencia educativa. 1991 Londres: Jossey-Bass
6. Astolfi, Jean-Pierre. 1999 Aprender en la escuela. Madrid: Saez.
7. Barr, R B & Tagg, J 1995. From teaching to learning: a new paradigm for undergraduate education. Change November/December:13
8. Bauer, Marianne, 1998 Evaluación en preparatorias Suecas. Tendencias modernas,
9. Beckwith, Harry. 2005 Enamore a sus clientes. España: Ediciones Urano
10. Brender, Arthur. 2009 La Diferencia entre eficiencia y eficacia.
11. Castejón, Oliva, Francisco Javier. 1999. Evaluación de programas en educación Física.
12. Chambers, R. Shortcut 2003 Methods in Social Information Gathering for Rural Development Projects.
13. Ishikawa, Kaoru. 1987. Kaizen. Editorial Norma. Colombia.
14. Jamieson P. 1988 Evaluación para la educación superior, México DF. Plaza and Janes
15. Maslow , Abraham. 1943 Una Teoría sobre la motivación humana.
16. Navarro, Ernesto. 1997 Gestión y Estrategia. N° 11 y 12. UAMA-A.
17. Autorrealización y Desarrollo del potencial humano del Maestro. La Habana.

- 18. Tritscher, I. 1981 Evaluacion del Aprendizaje y Calidad de la Educación.
- 19. Zubiri, Xabier. 2006 Las 3 Dimensiones del Ser Humano. Alianza Editorial

Anexo.

Percepción del alumnado de sistema abierto, con respecto a la atención recibida por los centros de asesoría particular en el municipio de Tehuacán, Puebla.

Objetivo: percibir la opinión del alumnado de centros de asesoría particulares de sistema abierto en el municipio de Tehuacán, Puebla, acerca de la atención que reciben de estos, en los rubros de: atención académica y atención administrativa.

Edad: _____ Género (subraye la opción): Femenino Masculino

Sistema de estudio en el que estás inscrito: (subraye la opción): 33 Materias 22 Materias

A que centro de asesoría pertenece: _____

Los datos vertidos en este cuestionario son completamente anónimos.

Instrucciones: Marque con una "X" la opción de su preferencia, conforme a la siguiente escala:

1	2	3	4	5
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente De acuerdo

1	Al inscribirme en el centro de asesoría, me explicaron a detalle como funciona el Sistema de Preparatoria Abierta.	1	2	3	4	5
2	Mis profesores cuentan con la preparación académica suficiente para poder impartir la materia asignada.	1	2	3	4	5
3	En el centro de asesoría me informaron cuales son las sedes en donde puedo realizar exámenes.	1	2	3	4	5
4	Mis profesores tienen experiencia al dar impartir clases	1	2	3	4	5
5	El centro de asesoría me brinda material de estudio actualizado para poder preparar mis exámenes.	1	2	3	4	5
6	En mi Centro de asesoría tengo acceso a los libros del sistema de Preparatoria Abierta.	1	2	3	4	5
7	Al inscribirme me explicaron a detalle como solicitar exámenes.	1	2	3	4	5
8	Conozco un calendario de exámenes y se como utilizarlo.	1	2	3	4	5
9	Conozco con exactitud la cantidad de exámenes que puedo solicitar cada quincena.	1	2	3	4	5
10	El centro de asesoría donde estudio tiene instalaciones adecuadas para funcionar como escuela	1	2	3	4	5
11	Mis profesores llegan de manera puntual a impartir clases.	1	2	3	4	5
12	En mi centro de asesoría, los salones son aptos para recibir clase. Están bien ventilados, son seguros y están limpios.	1	2	3	4	5
13	En mi centro de asesoría hay mas de 5 profesores distintos que imparten las diferentes materias en el sistema.	1	2	3	4	5
14	En mi centro de asesoría me indicaron con exactitud, donde, como y cuando puedo checar las calificaciones de los exámenes que presento.	1	2	3	4	5

Gracias por tu participación!

Capacidades gerenciales y su impacto en la competitividad de las MiPyMes de Hermosillo, Sonora

M.E. Díaz Muro*, M.C. Terán Contreras, G.A. Quijano Vega, M.M. Cervantes Encinas, C. Castro Avalos
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Av. Tecnológico s/n Col.
El Sahuaro C.P. 83170 Hermosillo, Son.

[*diazmuro@yahoo.com.mx](mailto:diazmuro@yahoo.com.mx)

Área de participación: Ingeniería Administrativa

Resumen

Se analizaron las capacidades de Organización, vinculación e innovación en 23 MiPyMes del sector de tecnología e información de Hermosillo, Son., así como su nivel de ventas en los mercados locales, nacionales e internacionales con el fin de determinar si estas capacidades permiten a la empresa establecer una ventaja competitiva en su nivel de facturación anual. Los resultados obtenidos en este estudio muestran que no existe una correlación entre las capacidades gerenciales analizadas y el nivel de facturación de las empresas seleccionadas.

Palabras claves: *capacidades gerenciales, nivel de facturación, tecnologías de la información*

Abstract

There were analyzed the capabilities of organization, bonding and innovation in 23 MiPyMes in the sector of information technologies in Hermosillo, Son. as well as their level of sales at local, national and international markets in order to determine if these capacities allow the company to establish a competitive advantage in their level of annual turnover. The results obtained in this study show that a correlation does not exist between the analyzed management capabilities and the level of turnover of the selected companies.

Introducción

Las MiPyMes representan, a nivel mundial, el segmento de la economía proveedor del mayor número de unidades económicas y personal empleado; en ello estriba la importancia que revisten este tipo de empresas y, por ende, la necesidad de fortalecer su desarrollo, pues éstas inciden fundamentalmente en el comportamiento global de las economías nacionales; de hecho, podría decirse que en el ámbito internacional el 90% o más de las unidades económicas totales está conformado por las MiPyMes. Cada país tiene su propio criterio para clasificar a las empresas en micro, pequeñas y medianas y de manera tradicional se ha utilizado el número de trabajadores como criterio para estratificarlas y, como criterio complementario, el total de ventas anuales, los ingresos y /o los activos fijos. (INEGI 2009).

El nuevo contexto donde el mundo es ahora un gran mercado y la apertura económica impulsa la competencia, no sólo con otras empresas del país sino con empresas de otros países y continentes causó diversas alteraciones en las pequeñas y medianas empresas de México. Al respecto, Rubio y Aragón (2002) mencionan que en este entorno de mayor apertura, desregulación y liberalización de mercados, se les ha exigido a las MiPyMes una capacidad competitiva sin límites poniendo al límite su creatividad con el fin de establecer su producto en una mejor posición el mercado.

Problema de la investigación

Al margen de los problemas derivados del entorno como lo son las políticas gubernamentales, el costo del crédito, etc., uno de los rasgos comunes en la pequeña y mediana empresa del país es la ausencia de una estrategia de competitividad que traspase el horizonte de los mercados convencionales de las MiPyMes (Contreras y Olea 2005). Este obstáculo impide que estas empresas estén en posibilidad de competir con otras que sí responden a los altos estándares requeridos. Ante esta situación de desventaja en la que se encuentran principalmente las pequeñas y medianas empresas (MiPyMes) y con el fin de aclarar la necesidad de contar con el desarrollo de las capacidades gerenciales para garantizar su supervivencia y competitividad, es necesario llevar a cabo un análisis

minucioso de la forma en la que dichas capacidades se han estado desarrollando dentro de las empresas y cuál es la importancia que se les otorga tanto a los factores gerenciales para lograr el éxito en la generación de conocimiento e innovación que son necesarios para impactar en el alto nivel competitivo de las empresas. La falta de capacidades gerenciales puede generar la pérdida de otras capacidades con las que ya se cuenta, representando esto un riesgo para los sectores industriales con frecuentes cambios tecnológicos.

La estrategia competitiva de la globalización demanda que los puestos estratégicos de la empresa cuenten con conocimientos adaptados a la realidad del tiempo presente que garanticen el éxito al camino de la competitividad. En relación a las exigencias impuestas a las MiPyMes para ser competitivas, de acuerdo al crecimiento económico en nuestra ciudad y dentro de un marco en el cual ha quedado claro que éstas constituyen un amplio sector de la industria tanto en las economías avanzadas como en la economía de países en desarrollo, resulta indispensable cuestionarnos sobre la importancia de las capacidades gerenciales de estas empresas así como del impacto que pueden tener sobre sus acciones, en aras de lograr un desarrollo que les permita la permanencia y competitividad.

Con el fin de abordar a fondo esta problemática, es necesario, además, buscar respuestas al siguiente cuestionamiento: *¿De qué forma el nivel de las capacidades gerenciales de las MiPyMes del sector de tecnologías de la Información en Hermosillo está asociado al desarrollo de su competitividad?*

El objetivo de este trabajo consistió en analizar cuáles son las capacidades gerenciales susceptibles de generar competitividad en la empresa, considerando el factor competitividad desde el punto de vista económico, es decir, se identificó el nivel de facturación anual que tuvo la empresa como indicador de posicionamiento en el mercado. Los factores analizados como indicadores de capacidades gerenciales fueron: capacidades de Vinculación, innovación, organizacional. La presente investigación se realizó en las pequeñas y medianas empresas del sector de tecnologías de la información de Hermosillo, Sonora, siendo éstas de gran importancia para la economía, así como para el empleo a nivel regional y nacional, tanto en países industrializados como en los de menor grado de desarrollo.

Objetivo General

Analizar las capacidades gerenciales y su impacto en la competitividad en las MiPyMes del sector de tecnologías de la Información en Hermosillo, Sonora.

Hipótesis

“Las capacidades gerenciales influyen en la competitividad de las MiPyMes del sector de tecnologías de la Información en Hermosillo, Sonora.”

Situación actual del sector industrial en México

La industria mexicana actualmente enfrenta serios obstáculos que le impiden una adecuada productividad y eficiencia, colocándola en un plano de desventaja en el mercado global. La micro, pequeña y mediana industria, es el sector que más apoyo necesita, requiriendo así de políticas apropiadas y diferenciadas, aplicadas especialmente a cada uno de los sectores, a fin de que estén en posibilidad de ser incorporadas, en su momento, al mercado internacional.

En México, la industria debe contar con políticas de apoyo a corto, mediano y largo plazo que hagan posible la creación de un ambiente más favorable para la generación de riquezas y para ello debe contar con las condiciones necesarias que le permitan obtener mejores resultados, contribuyendo así al desarrollo y bienestar de nuestro país. La solución de obstáculos que dificultan la operación y desarrollo de la industria en México, permitirá el éxito de la industria, en los mercados internacional y nacional, (Canacindra 2006). Los principales retos son:

- Baja productividad y falta de competitividad
- Reducidos niveles de capitalización
- Escaso o nulo acceso a esquemas de crédito e incentivos
- Falta de capacitación laboral y gerencial
- Uso de tecnologías obsoletas
- Inadecuada organización interna
- Ausencia de redes de asociación entre las empresas

- Dependencia externa de insumos, maquinaria y equipo
- Irregularidad administrativa y normativa

Puede apreciarse en la relación anterior, que uno de los retos que afectan a las empresas en México se encuentra en el rubro de la competitividad y, por ello, la meta es crear productos o procesos empresariales innovadores, lo cual significa brindar mejor calidad en el producto y en los diseños, así como mejorar los materiales y cumplir con las normas de calidad y todo a un precio que pueda ir de acuerdo con las necesidades del cliente y, sobre todo, que permita competir con todas aquellas empresas que tienen el mismo objetivo.

Además de lo anterior, existen otros factores que deben ser considerados por las empresas y uno de ellos, probablemente dentro de los más importantes, es la actual incorporación de competidores de otros países con mayor desarrollo tecnológico y Organizacional a los productos que se pueden ofrecer por las empresas Sonorenses. Lo anterior impulsa a la empresa a generar cambios, lo que redundará en un aumento en la competitividad. Estos cambios se pueden realizar en el producto, en el servicio o en los procesos, mejorando o ideando nuevas formas de hacer las cosas, o bien, diseñando nuevos productos o servicios que cambien la perspectiva del negocio. Entonces, otra de las funciones de los empresarios tendrá que ser la identificación de las oportunidades en los mercados, basándose en el análisis de lo que la empresa debe hacer, tratando de adaptar y organizar tecnologías para mejorar los productos y dar cumplimiento a los requerimientos del cliente y, aún más, desarrollando nuevos productos, es decir, innovando, para lo cual deberá utilizar las capacidades propias o adaptar las de la competencia.

Existen algunos estudios acerca de la influencia de las capacidades gerenciales en el factor de competitividad. En estudios realizados en Sonora, Bracamontes (2003) haciendo referencia a estudios de Covarrubias, 2000; Vázquez, 1997, señala que no se puede negar que lo que más influye en el rezago empresarial, además de la escasez de capital, la estrechez del mercado interno y los costos de financiamiento, son los factores estructurales. Estos establecen fuertes límites para el desarrollo y se pueden encontrar en el ámbito cultural; indica además que la dependencia de las empresas hacia el gobierno está constituyendo el gran obstáculo hacia una actitud empresarial emprendedora, y con esto se inhibe también el desarrollo de las capacidades empresariales.

Continuando con el análisis del comportamiento empresarial, Bracamontes menciona que se puede señalar, de acuerdo a los resultados obtenidos por Covarrubias y Vázquez, que las causas del bajo rendimiento del empresario se deben a:

- a) La poca experiencia de los empresarios dificulta la concepción de estrategias en el largo plazo, ya que el 82% es de primera y segunda generación.
- b) La formación empresarial ha sido fraguada en las actividades productivas que, desde los años ochenta, presentan problemas de rentabilidad, como son la agricultura, la ganadería, la pesca, etc.
- c) La escasez de capitales regionales imposibilita que puedan competir con las grandes empresas; por lo tanto, paulatinamente han sido confinadas al papel de "facilitadores de la integración".
- d) Los límites difusos entre la familia y los negocios.

Los datos anteriores obligan a reflexionar acerca del grave problema que se presenta en las empresas que en su gran mayoría producen bienes y servicios a pequeña escala, y que debido a la baja formación y experiencia profesional de los empresarios, no cuentan con las capacidades mínimas para tomar decisiones que las lleven a optimizar los bienes y servicios que las ubiquen dentro de los índices de competitividad en su giro. Ante este panorama estatal y nacional, que es tan problemático para la MiPyMes, es necesario analizar, con una perspectiva mucho más profunda, los factores que afectan el desarrollo y sustentabilidad de estas unidades económicas, para que las estrategias generadas sean apropiadas para este nuevo entorno. Así mismo las capacidades gerenciales que cada Pyme debe de tener para poder llegar a ser exitosa.

Metodología

Con este trabajo se pretende comprobar que las capacidades gerenciales de Innovación, organizacional y Vinculación, hacen que las MiPyMes de Hermosillo sean más competitivas; para lo cual se tiene como base la

identificación y clasificación de empresas del sector tecnologías de la información con el fin de establecer la muestra y realizar el diagnóstico de la situación anteriormente expresada.

Descripción del Método utilizado

Por sus características este estudio observa situaciones que ya prevalecen en el quehacer cotidiano de las empresas y no existen controles externos de las variables, por lo que se puede definir como una investigación no experimental (Hernández, Fernández y Baptista, 2006), al ubicarse en un momento único del tiempo, se puede definir como transversal y por el tipo de relaciones entre las variables el diseño es correlacional-causal.

La hipótesis plantea como variable dependiente si la empresa es competitiva o no en relación a su nivel de facturación anual y como variable independiente a las capacidades gerenciales <(CG) la cual se mide con los indicadores de organización, innovación y vinculación.

La Variable Dependiente: Competitividad, se determinó a partir de tres grupos de interés: las empresas con alto medio y bajo nivel de facturación (Cuadro 1)

Nivel de Competitividad	Facturación anual
Baja Facturación	De \$ 250,000 a \$1,000,000
Media Facturación	De \$1'000,001 a \$5'000,000
Alta Facturación	De \$5'000,001 a mas

Cuadro 1. Clasificación de la competitividad

La Variable Independiente: Capacidades Gerenciales considera 3 dimensiones a estudiar: Vinculación, innovación y organizacional (Cuadro 2)

Aprendizaje e Innovación Tecnológica	Vinculación	Organizacional	Dimensión
Adquisición de nuevos equipos	Colaboración con otras empresas del sector	Elaboración de planes estratégicos	Indicador de medida
Departamento de I&D	Visitas a otras empresas	Organización del Trabajo	Adquisición de maquinaria y equipo
Adaptación de la maquinaria/equipo	Empresas que no son sus proveedores ni clientes	Nuevas formas de organización para atender prácticas de certificación	Disminución de costos de producción
Publicación de las experiencias al interior de la empresa (pizarra, boletines, reportes, etc.)	Cámaras empresariales	Programas de gestión de calidad o de modernización organizacional (calidad total, reingeniería de procesos, just in time, etc.)	Disminución de tiempos de producción
	Consultores/Asesores externos	Busqueda y desarrollo de nuevos clientes	Mejoras en el desarrollo de los procesos
	Introducción de nuevas técnicas/metodologías organizacionales	Asistencia a eventos o ferias empresariales	Contratación de personal con mayor experiencia
	Mejora del proceso administrativo y control de proyectos	Colaboración con proveedores	Reuniones para compartir y analizar experiencias
	Adecuación a las exigencias del mercado internacional	Colaboración con universidades o centros de investigación	
	Diversificación en su gama de productos		
	Obliteración de certificaciones de calidad		

Cuadro 2. Dimensiones e indicadores de la variable Independiente: Capacidades Gerenciales

Definición de la Población a Investigar

Los datos de las empresas analizadas para este estudio, provienen de tres fuentes:

- Encuestas aplicadas a la industria de Tecnologías de la Información por investigadores
- Cuestionarios y entrevistas, realizado a 23 empresas del sector Tecnologías de la Información
- Entrevistas a ejecutivos o propietarios de empresas Tecnologías de la Información.

Gran parte de la información obtenida para esta investigación, se tomó del instrumento de recolección de información utilizado para el proyecto de CONACyT - El Colegio de Sonora “Aprendizaje tecnológico e innovación en MiPyMes de base tecnológica en Sonora, el papel de las redes globales en la transferencia del conocimiento”. Coordinado por el Dr. Oscar Contreras Montellano. De acuerdo con la investigación realizada se define a la competitividad como el nivel en el cual las empresas se encuentran en una posición privilegiada en el mercado

de otras empresas. En tal virtud, se entenderá que la empresa es competitiva cuando al existir una vinculación con las capacidades gerenciales y su nivel de facturación anual es positivo.

Análisis estadístico

Para la contrastación de la hipótesis con el fin de conocer si existe una relación entre las variables de capacidades gerenciales y la capacidad de competitividad de las empresas del sector Tecnologías de Información de Hermosillo, se aplicó el método estadístico de t de Student utilizando la prueba de dos muestras con datos independientes la cual tiene como finalidad contrastar hasta qué punto las medias en una o más variables de los dos grupos asignados pueden diferir o no significativamente.

Resultados y Discusión

Para realizar el análisis del objetivo de esta investigación, es decir, el nivel de las capacidades gerenciales de las empresas de tecnologías de la información y su impacto en la competitividad en las MiPyMes; fue necesario estudiar a las empresas y su nivel de ventas locales, nacionales y extranjeras, así, como su nivel de facturación anual. Los resultados obtenidos arrojaron un total de 23 empresas en Hermosillo, de las cuales 14 contaban con una facturación media anual, 5 con una baja facturación y 4 con una alta facturación.

Como se puede apreciar en la tabla 1 son muy pocas las empresas que expanden su mercado hacia el extranjero, ya sea por su baja capacidad tecnológica o capacidades gerenciales no adecuadas. También se observa que las micro empresas no tienen ninguna venta en el extranjero, lo cual hasta cierto punto podría ser normal, porque es una empresa pequeña, con pocos trabajadores y apenas se está abriendo camino para posicionarse en el mercado.

empresa	% ventas locales	%ventas nacionales	%ventas extranjeras
micro	60	40	0
pequeña	70	20	10
mediana	40	53	7

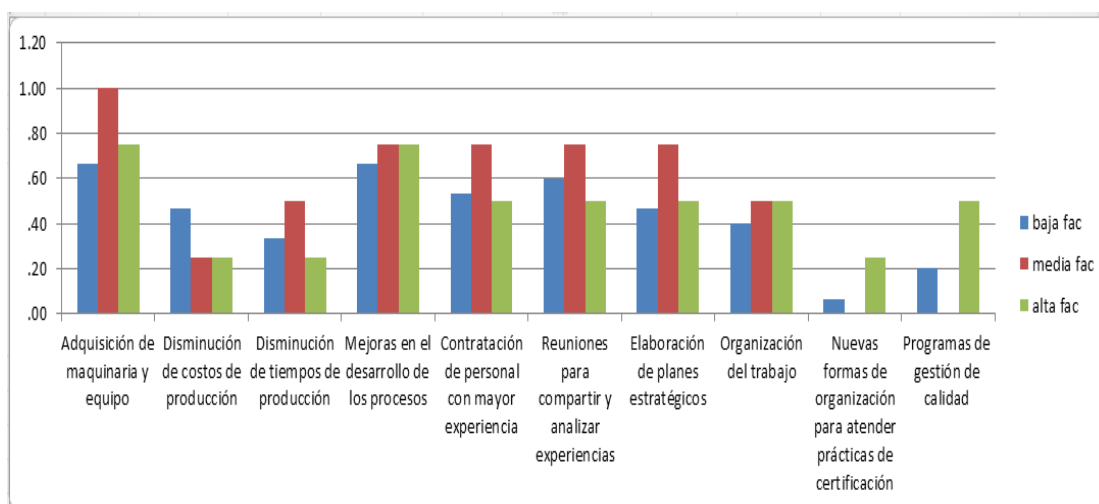
Tabla 1. Porcentaje de ventas por tamaño de la empresa

En la tabla 2 se presentan los promedios de facturación que tuvieron las MiPyMes de Hermosillo, Son. en tecnologías de la información, si se analiza en términos de promedio, se puede ver que la mediana empresa tiene una ganancia considerable por encima de la Micro y la pequeña empresa, pero por otro lado, la micro empresa, tiene un promedio mayor que la pequeña, de acuerdo a entrevistas con empresarios, esto pudiera ser debido a que las micro empresas están abasteciendo las necesidades del mercado local con mejor eficiencia que la pequeña.

Tipo de empresa	Promedio de facturación
Micro	9,093,750.47
Pequeña	5,812,500.50
Mediana	15,000,000.50

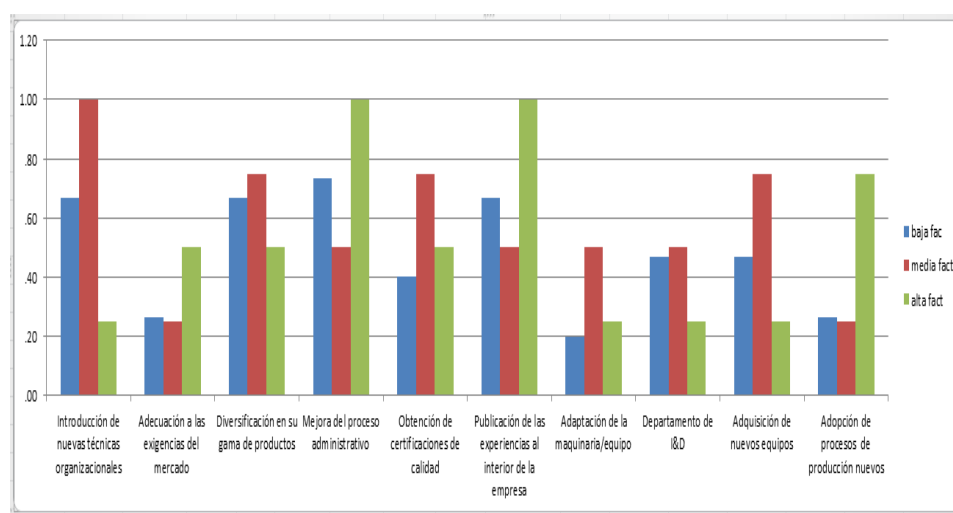
Tabla 2. Promedio de facturación por pyme

Respecto al análisis de la Variable Independiente: Capacidades Gerenciales, en la gráfica 1 se puede observar como la mayoría de las empresas con facturación media buscan actualizar sus procesos organizacionales, misma situación que prevalece en las empresas con facturación anual alta pero en menor medida, se puede observar igualmente, como no existen programas de gestión de calidad ni intentos de certificación en las empresas con niveles medios de facturación, lo cual pudiera ser congruente ya que aun cuando el nivel de facturación es mayor en las empresas micro, la actualización en procesos organizacionales tales como certificaciones o gestión de calidad no están, de acuerdo a los comentarios vertidos por los gerentes entrevistados, en las prioridades de la empresa.



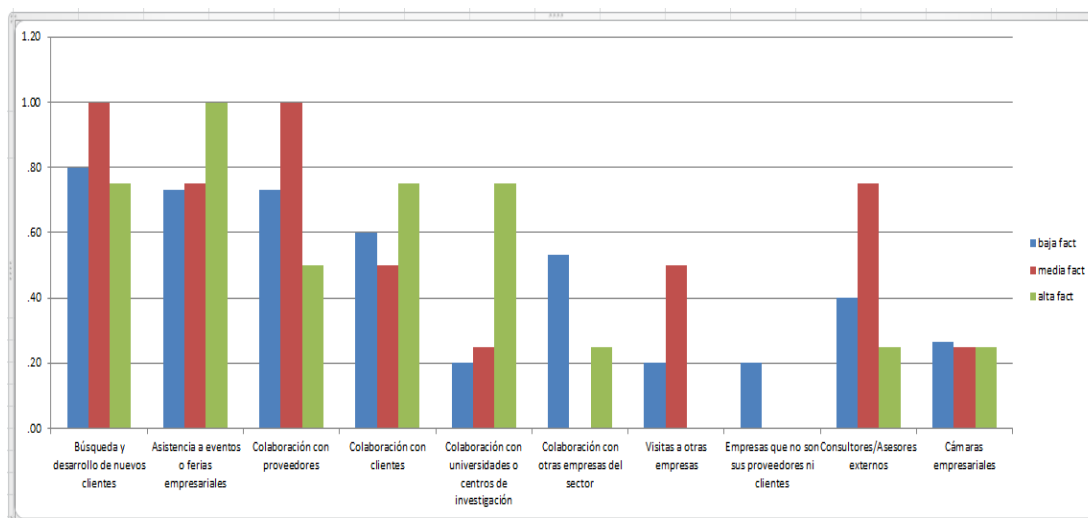
Grafica 1. Indicadores Organizacionales

Con respecto a los indicadores de innovación, la gráfica 2 muestra marcado interés en mejora de procesos administrativos así como en la adopción de nuevos procesos de producción. Por otra parte se observa el marcado interés en la comunicación como medio de fortalecer los procesos innovativos entre los trabajadores. Aun así, podemos observar como los indicadores de innovación analizados, no impactan contundentemente en el nivel de facturación, se puede observar en la gráfica que las empresas con media y baja facturación también participan activamente en la promoción de la innovación en la empresa.



Grafica 2. Indicadores de Innovación

Uno de los indicadores que se pudieran considerar como propulsores de un alto nivel de ventas en las empresas es la vinculación que se tienen con los actores del entorno. La gráfica 3 muestra un comportamiento de las empresas ajenas a esta idea, se puede observar que existe poca vinculación con el entorno en las empresas con alto nivel de facturación, y las empresas con media y baja facturación tienen el mismo comportamiento en algunos de los elementos analizados en la investigación.



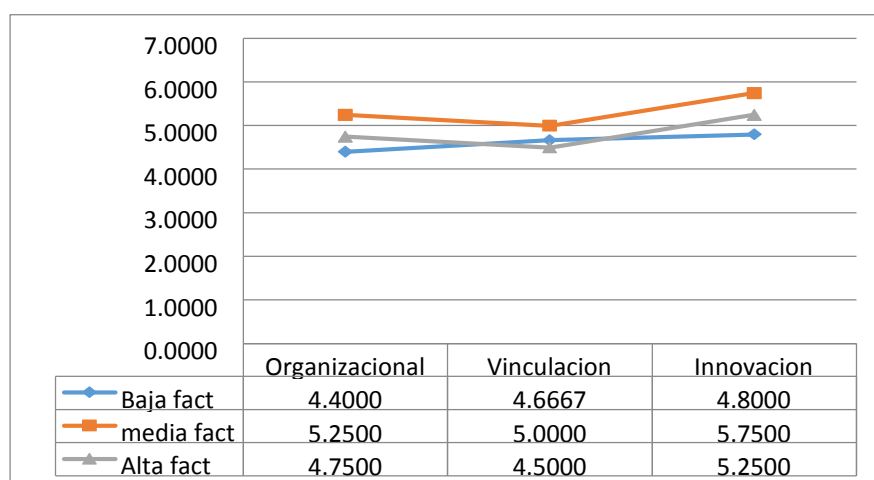
Grafica 3. Indicadores de vinculación

Los resultados anteriores arrojan información contundente en las empresas analizadas en relación al impacto que las capacidades gerenciales estudiadas para este proyecto, por lo que, con el fin de determinar si existe diferencia entre los tres grupos de interés se realizó una comparación de medias entre las capacidades gerenciales y el nivel de facturación como indicador de competitividad aplicándose el método estadístico de t de Student utilizando la prueba de dos muestras con datos independientes.

Como se puede observar en la gráfica 4, no se muestra evidencia de que exista una marcada diferencia entre los niveles de facturación y los indicadores de medición utilizados en este estudio para definir la variable de capacidades gerenciales.

La gráfica nos muestra que las empresas con media facturación poseen capacidades gerenciales más elevadas que las empresas que tienen una alta facturación, incluso, las empresas con bajos índices de ventas presentan mayor vinculación que las que facturan mayores volúmenes de ventas.

Los resultados estadísticos muestran que no existe correlación entre las capacidades gerenciales y el nivel de facturación de las empresas seleccionadas para este estudio.



Grafica 4. Medias obtenidas de las empresas que mayor facturan en relación a la que menos facturan

Conclusiones

Es importante resaltar que las variables propuestas para explicar la relación entre capacidades gerenciales y la competitividad no fueron significativas, estadísticamente hablando, al tener más de 0.5 de significancia en la prueba de *t* student. Los datos obtenidos en el análisis de comparación de medias independientes nos permitieron conocer que no siempre tener un alto nivel de facturación o alto nivel de ventas hace que la empresa tenga las capacidades gerenciales vinculadas con su competitividad.

Una de las consecuencias positivas que más sobresalen en este estudio, provocadas por las empresas con mayor facturación anual respecto a las demás, es el impulso hacia el desarrollo de las capacidades gerenciales, provocado por la necesidad de querer formar parte de una empresa importante y sobre todo que marque una diferencia, que no solo se quede en el camino y que lo anterior permita a la empresa a innovar procesos, relacionarse más con otras empresas y desarrolle sinergias en los sectores.

Los resultados obtenidos en esta investigación pueden constituir un punto de apoyo, en el cual las MiPyMes puedan desarrollar los elementos necesarios para enriquecer sus capacidades o en su defecto reforzarlas, convirtiéndolas así en empresas líderes. Así, éstas, evaluando los resultados pueden tomar nota de las prioridades necesarias en su proceso de escalamiento. En un mundo globalizado en el cual el avance tecnológico y gerencial, impacta fuertemente en la posición de las MiPyMes, los resultados que nos brinda el estudio son importantes, ya que nos permite conocer que no hay diferencia significativa entre las empresa que facturan más a diferencia de las que facturan menos en relación con los indicadores propuestos, pero también nos brinda la posibilidad de establecer estrategias que permitan identificar cuáles son las mejores prácticas organizacionales que determinen la diferencia entre las empresas a través de su posicionamiento en el mercado laboral cada vez más demandante.

Referencias

1. Aragón Sánchez, Antonio, Rubio Bañón, Alicia. **Factores explicativos del éxito competitivo: El caso de las MiPyMes del estado de Veracruz.** 2005 <http://www.ejournal.unam.mx/rca/216/RCA21603.pdf>, consultado el 25 de junio de 2007.
2. Bisauta V.B. (2007a). **Análisis estadístico con SPSS 14 Estadística Básica volumen 2** McGraw Hill, (3ª. Edición), España.
3. Bracamontes Sierra, Alvaro et. Al. **“Identificación e integración de cadenas productivas para el estado de sonora: perspectivas en un horizonte de mediano y largo plazo”** Resumen ejecutivo COLSON, secretaria de economía- secretaria de desarrollo y productividad. Son. 2003.
4. Cámara de la Industria de Transformación,(2006), **“Perspectivas y Competitividad de las MiPyMes”** Recuperado el 11 de Julio de 2015 de: http://w3old.conindustria.org/web2005/rccc/congreso2006/cuauhtemocmartinez_p.pdf
5. Contreras F. O., Olea M. J., (2005). Estudio sobre el impacto de la ampliación de la Ford Motor Co. en Hermosillo, Sonora Quinto reporte parcial del proyecto, **Aprendizaje tecnológico y empresarial de los ingenieros de Ford Hermosillo.** Fundación México, Estados Unidos para la Ciencia-Colegio de Sonora Septiembre
6. Hernández, S., Roberto, F. C., Baptista, L., (2006). **“Metodología de la Investigación”** 4ta. Edición, Edit. Mc. GrawHill, México
7. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2009). **Comunicado núm. 271/09** 12 de Octubre de 2009, Aguascalientes, Ags.
8. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2009). **Comunicado núm. 275/09** 21 de Octubre de 2009, Aguascalientes, Ags.
9. Iturbide, L. (2003). **Formación de pequeños y medianos empresarios.** Disponible en Internet desde www.anahuac.mx/idea/archivos/bid/pres_bid_jnio_2003.pps
10. Jiménez, M (2004). **Reestructuración productiva ¿nueva doctrina industrial?** Gestión y Estrategia. UAM-MA, 1,16 1-17.

INGENIERÍA INDUSTRIAL

- | | | |
|----|---|-----|
| 1 | Diseño y elaboración de adoquines de PET reciclado.
<i>Alejandro Santiago Miguel, María Del Rocío Santamaría Cuellar, Georgina Contreras Santos, Víctor Manuel Guerrero García y Ana María Hernández Alcántara</i> | 91 |
| 2 | Diseño y simulación para automatizar el tanque suavizador de calderas.
<i>María de Jesús Oregón Silva, Ramón Matías López, Juan Carlos Vázquez Jiménez, Serafín Reyes García, Gustavo Alberto Morales Paulino y Luis Antonio Leal López</i> | 99 |
| 3 | Estudio de los Factores de Iluminación y Ruido dentro de la empresa MYG DENIM S.A. de C.V
<i>Luis Manuel García Martínez, Naty Rodríguez Ventura, Raúl Mora Reyes y Guadalupe Robles Calderón</i> | 107 |
| 4 | Helicóptero de papel como escenario de un diseño experimental Plackett-Burman.
<i>Balderas David Ángel.</i> | 115 |
| 5 | Optimización de Tiempos y Movimientos en el Vaciado de SiMn en la Compañía Minera Autlán.
<i>Jorge Rivera Flores.</i> | 122 |
| 6 | Diseño de un dosificador para controlar el flujo granular en una tolva de almacenamiento.
<i>Joel E. Valtierra Olivares, B. L. Vargas Rodríguez, E. A. Ruelas Santoyo, R. Armenta Villanueva y B. J. Razo Razo</i> | 130 |
| 7 | Determinación del tamaño de flota para transporte terrestre por carretera con base a tiempos de traslado
<i>Gregorio Fernández Lambert, Luis Manuel Rosaldo Mirón, Loecelia Ruvalcaba Sánchez, Juan Gabriel Correa Medina y Eduardo Martínez Mendoza.</i> | 138 |
| 8 | Estudio para la conservación en anaquel de la hoja de papata (Canna indica) a través del diseño experimental
<i>Elizabeth Romero Tagal, Erika Adiane Bandala Martínez, Gustavo Martínez Castellanos, María De Fátima Báez Durán y Isidro Rodríguez Montoro.</i> | 147 |
| 9 | Aplicación de un MDOE en la optimización de la estabilidad térmica de un compuesto de policloruro de vinilo
<i>David Yépez Padrón, Hugo Carrillo Rodríguez, Francisco Javier García Rodríguez, Jaime Navarrete Damián y Luis Alfonso García Cerda.</i> | 156 |
| 10 | Transferencia tecnológica para la reducción del tiempo de corte de hoja de maíz en el estado de Puebla.
<i>Naty Rodríguez Ventura, Luis Manuel García Martínez, Raúl Mora Reyes y Guadalupe Robles Calderón.</i> | 167 |
| 11 | Diseño de un vaso portátil plegable
<i>Mariam Guzzi, Fernando Ortiz, María Gurruchaga, Jorge Hernández y Arturo Pérez.</i> | 174 |
| 12 | Utilización del Análisis FODA y Análisis de Brechas en dos pequeñas y medianas empresas
<i>Ludovico Hernández Aguilar, Gerardo Juárez Román, Josefina Altamirano, Juan Manuel Jaramillo e Ileana Deyanira Trejo García.</i> | 181 |

Diseño y elaboración de adoquines de PET reciclado.

A. Santiago Miguel^{1*}, R. Santamaría Cuellar¹, G. Contreras Santos¹, V. M. Guerrero García¹, A. M. Hernández Alcantara²

¹Division de Ingeniería Industrial, Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán, Calle Primavera S/N Col. Santa María Nativitas Chimalhuacán, Estado de México, C.P. 56330

²Division de Lic. en Administración, Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán, Calle Primavera S/N Col. Santa María Nativitas Chimalhuacán, Estado de México, C.P. 56330

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

En este trabajo se presenta el diseño y elaboración de adoquines utilizando PET (Tereftalato de Polietileno) reciclado, el proyecto se divide en 4 etapas: la primer etapa es el diseño del adoquín utilizando el programa *Solidworks* y la herramienta de *Cosmos Express* para el análisis de cargas y esfuerzos; la segunda etapa es el diseño y maquinado del molde de aluminio; la tercera etapa es la fabricación del adoquín utilizando PET reciclado, colorantes y aditivos (carbonatos) para recuperar propiedades mecánicas indispensables para su desempeño; la última etapa consiste en validar las propiedades mecánicas. El adoquín obteniendo es un producto amigable con el medio ambiente, coadyuvando a disminuir la contaminación.

Palabras clave: Adoquín, PET, reciclado, propiedades.

Abstract

In this project is presented the design and development of cobblestones using PET (polyethylene terephthalate) recycling, the project is divided into 4 stages: the first stage is the design of the paver using the Solidworks program and the Cosmos Express tool for analyzing loads and stresses; the second step is the design and machining aluminum mold; the third step is the manufacture cobble using recycled PET, colorants and additives (carbonates) to recover mechanical properties necessary for its performance; the last step is to validate the mechanical properties. The cobblestone getting is a friendly product with the environment, helping to reduce pollution.

Keywords: cobblestones, PET, recycled, properties.

Introducción

En los últimos años, en el ámbito mundial, se ha generalizado el cuidado del medio ambiente y de recursos; por esto los plásticos enfrentan hoy uno de los retos más importantes, ya que sus ventajas de resistencia a la degradación y economía con respecto a otros materiales, han sido cuestionadas por su impacto ambiental. El interés de reciclar plásticos tiene como beneficios el mejoramiento ecológico y generación de nuevas industrias que puedan resolver los problemas de contaminación, asociado a la obtención de utilidades y producción de empleos.

Durante el año 2000, se produjeron 1,900 millones de toneladas de basura en el mundo que representan 5.2 millones de toneladas diarias. De esta cantidad, sólo el 36% recibió un tratamiento, el resto se convirtió en un problema ecológico, higiénico, social y económico, ya que el costo de su recolección, transporte y eliminación es cada vez más elevado y cuestionado [Centro Empresarial del plástico, 2012]. El objetivo de este trabajo es proponer soluciones para el manejo de desechos plásticos, encaminados a la reutilización del PET transformándolo en un material de construcción. La tecnología aplicada presenta un enfoque ecológico porque recicla residuos (PET) que en gran parte son enterrados en predios municipales, sin utilidad alguna; o acumulados y quemados en basurales, produciendo degradación del entorno.

El PET es un polímero termoplástico amorfo transparente obtenido a partir del ácido Tereftálico y Etilen Glicol por policondensación. Tiene la propiedad de transparencia, tenacidad, resistencia al impacto y barrera a gases, principalmente a CO₂, tiene aprobación FDA y no imparte sabor a los productos que contiene. En el año 2010 se reciclaron 3000 millones de botellas en México, 20% de las botellas que se consumen actualmente se reciclan, se estima que anualmente se tiran 1.3 billones de botellas de plástico [Centro Empresarial del plástico, 2012].

En este trabajo se presenta la propuesta de diseño y elaboración de un adoquín a base de PET reciclado, con la finalidad de dar un uso práctico a este plástico y reducir los niveles de contaminación creados por este material que tarda hasta 100 años en degradarse. Así mismo, obtener una ganancia económica a mediano plazo en la producción de adoquines, validar que es más económico que uno convencional y utilizarlo en hogares o en sitios públicos.

Uno de los procesos más empleados en la fabricación de productos a partir de materiales reciclados es el de inyección de plásticos, que consiste en transformar un material termoplástico en una masa "plástica", por medio de un husillo y cilindro de plastificación, para después inyectarlo en la cavidad del molde en donde adquirirá la forma deseada, [Centro Empresarial del plástico, 2013].

Metodología

Diseño

Las diferencias en las propiedades del PET reciclado mecánicamente comparadas con las del PET virgen pueden ser atribuidas principalmente a la historia térmica adicional experimentada por el material reciclado, que da como resultado un decremento en el peso molecular, junto con un incremento en el ácido carboxílico, color y nivel de acetaldehído. Estudios han demostrado que el RPET (PET reciclado) posee un módulo de Young menor, mayor elongación a la rotura y mayor resistencia al impacto que el PET virgen. Así, el RPET es más dúctil mientras el PET virgen es más frágil; este es un resultado de las diferencias en la cristalinidad entre los materiales.

Considerando las propiedades mecánicas del PET reciclado, es viable utilizarlo en el área de la construcción donde el producto está sujeto a cargas y esfuerzos; este es el caso de la fabricación de adoquines, según Berreta, et al [1971] deben tener las propiedades de: ductilidad, resistencia a la compresión, ligereza, entre otros, para cumplir con las especificaciones de uso.

Los adoquines tradicionales generalmente poseen una forma hexagonal, tomando esto en cuenta se diseñó de la misma forma geométrica el adoquín de RPET, hueco para hacerlo más ligero y con refuerzos en el interior para soportar las cargas a las que estará sujeto. Para optimizar el proceso de inyección el molde se diseñó con dos cavidades.

Como parte de la familia de los sistemas CAD- CAE (Diseño e Ingeniería Asistidos por Computadora) el programa empleado para el diseño fue SolidWorks®, es uno de los software masivos de diseño más utilizados en la actualidad, ya que presenta una plataforma amigable y sus herramientas permiten involucrar factores para realizar modificaciones al adoquín y optimizar su diseño.

El software de diseño cuenta con herramientas de Ingeniería Asistida por Computadora (CAE por sus siglas en inglés), que puede calcular la masa de diferentes materiales a partir de un diseño tridimensional y la densidad del material. La densidad del PET es de 1.33 a 1.38 g/cm³ a partir de esta información y del diseño, SolidWorks® calculó la masa del adoquín en 728 g. El diseño del adoquín de PET reciclado se muestra en la figura 1.

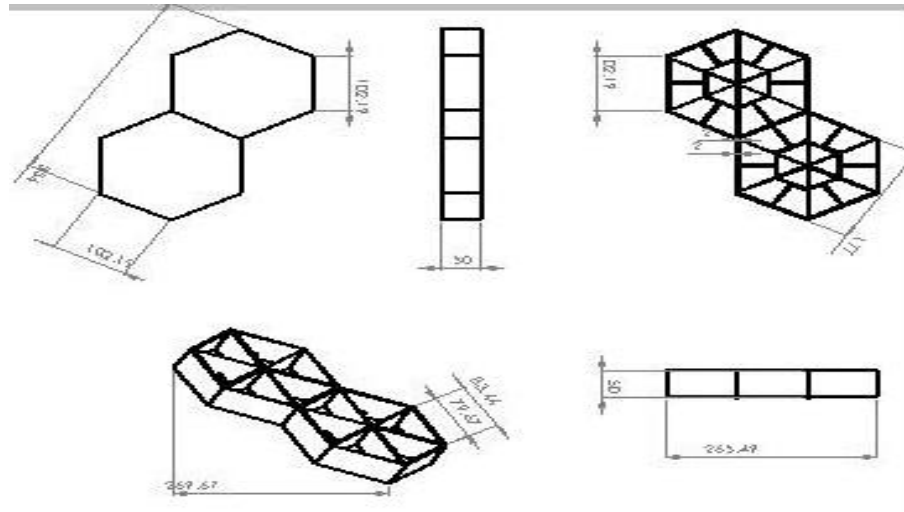


Figura 1. Diseño de adoquín de RPET

Se realizó un análisis de simulación con la herramienta Cosmos Express de Solidworks® para conocer la carga permisible que soportaría el adoquín, la prueba se realizó con un valor de 20000 N (2038 kg). La carga se estableció tomando en consideración que el adoquín se puede utilizar en superficies donde circulen automóviles, para brindar un factor de seguridad se determinó un 100% más de margen estimando la masa del automóvil en 1000 kg. El software generó imágenes en escala de Von Mises (colores), si el adoquín llegará a color rojo, indica que no soportaría esa fuerza y si se mantiene en azul o colores por debajo del rojo, indica que puede soportar esa carga, proporcionando una idea clara del comportamiento del adoquín. Los resultados que se obtuvieron se muestran en la figura 2.

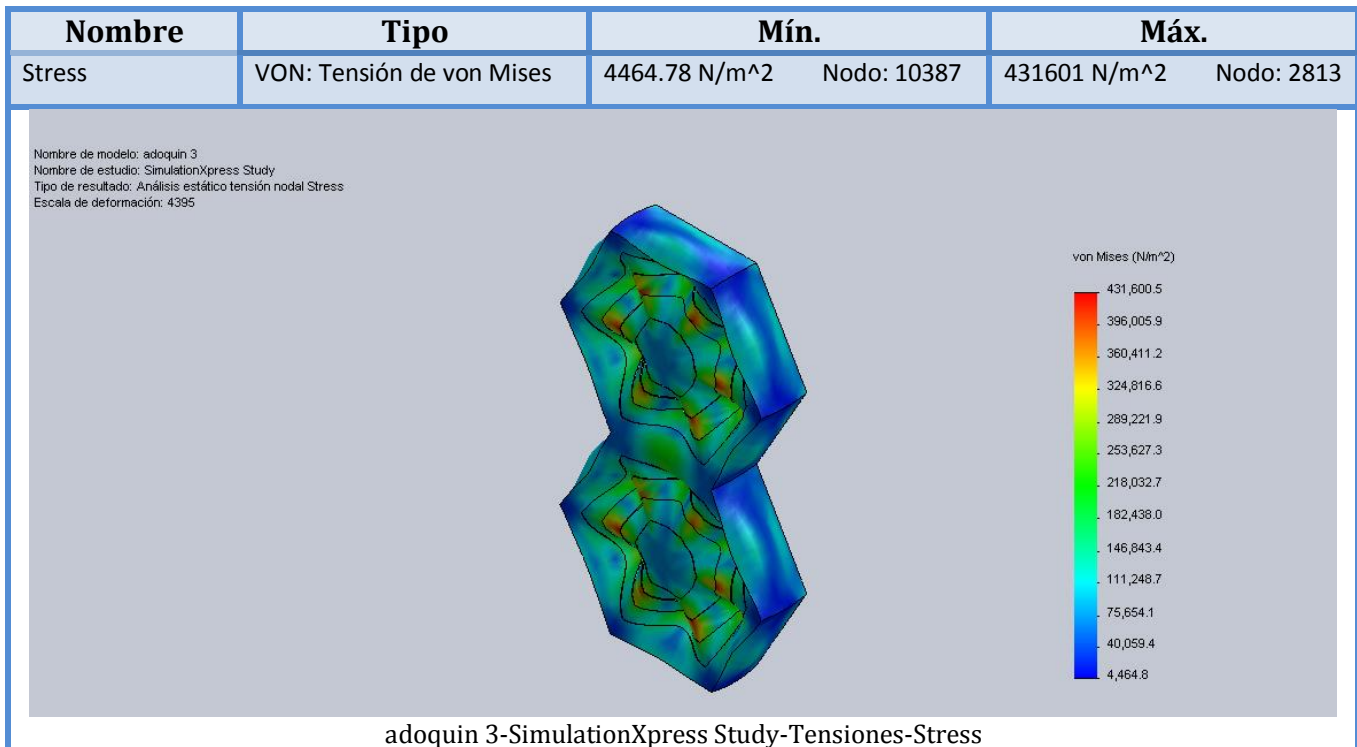


Figura 2. Análisis de cargas y deformaciones de adoquín en Solidworks®.

El resultado del estudio indica que el adoquín puede soportar una carga de 20000 N sin presentar deformaciones externas. En la figura 3, se muestra el modelo del adoquín diseñado en Solidworks®.

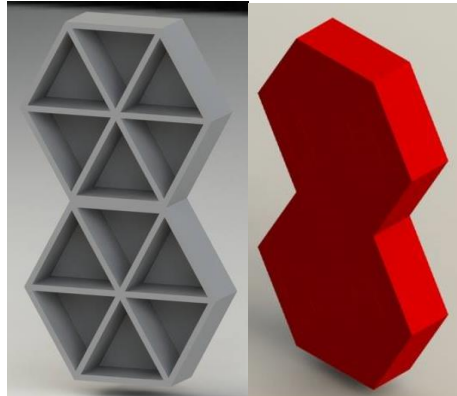


Figura 3. Diseño del adoquín.

Maquinado del molde

Un molde de inyección de plásticos tiene la función de recibir el plástico caliente de una máquina de inyección con una alta presión para llenar cavidades, una vez frío el plástico se expulsa. Un molde contiene la forma inversa del producto deseado [E. Maya, 2007].

La clasificación de los moldes está dada por las características físicas y de trabajo:

- 1.- Por su tamaño.
 - a) Grandes
 - b) Pequeños
- 2.- Por número de cavidades.
 - a) De una sola cavidad
 - b) De múltiples cavidades
- 3.- Por la forma de trabajar.
 - a) Manuales
 - b) Semiautomáticos
 - c) Automáticos
- 4.- Por el tipo de construcción
 - a) De dos mitades
 - b) De tres placas
 - c) Sin sobrantes

El molde junto con la máquina inyectora son elementos fundamentales para la fabricación del adoquín, en el caso del molde, por cuestiones económicas, se optó por maquinarlo en las instalaciones del Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán. Para su fabricación se utilizó aluminio 6063, tiene buenas propiedades mecánicas, se utiliza típicamente en aplicaciones comerciales. Los moldes para grandes producciones son fabricados en acero P20 y tratados térmicamente, el molde para el adoquín se elaboró para procesar muestras exclusivamente.

El primer paso para la elaboración del molde fue fundir lingotes de aluminio para dar forma rectangular a las dos partes que lo componen, posteriormente se procedió al maquinado en una fresadora vertical Birmingham de 3 ejes con tamaño de mesa de 12" x 54", carrera del husillo de 127 mm y avances de 0.12mm. Se utilizaron collets de precisión ER32 y para los desbastes se emplearon cortadores verticales de alta velocidad de 4 labios con recubrimiento de titanio. El diámetro de las herramientas varió de ¼" hasta 1", con velocidades de corte de

900 rpm. Para facilitar el maquinado se utilizaron adicionalmente cortadores multifilos con insertos de doble cara llamados Endmill, el maquinado se realizó de manera gradual hasta obtener la forma especificada. El tiempo de maquinado del molde fue de un mes, en la figura 4 se presenta parte del proceso de elaboración.



Figura 4. Maquinado de molde de inyección para elaboración del adoquín.

Elaboración de muestras

La máquina de inyección, tiene la función de inyectar el plástico en un molde en el que se encuentra impresa la forma de la pieza final. En una máquina de inyección pueden identificarse diferentes partes fundamentales, que normalmente se agrupan en las siguientes unidades [E. Maya, 2007]:

- 1.- Unidad de cierre: cuenta con dispositivos necesarios para la colocación, accionamiento y funcionamiento de las 2 mitades del molde, su funcionamiento es semejante al de una prensa de compresión, la capacidad se mide por la fuerza de cierre que está dada en toneladas [Sánchez, V, Rodríguez F, 2003].
- 2.- Unidad de inyección: comprende las partes necesarias de la máquina para la carga, plastificación e inyección de plástico. Esta unidad tiene la función de cargar y plastificar el material sólido mediante el giro axial del tornillo con la finalidad de inyectar el material plastificado hacia las cavidades del molde y mantenerlo bajo presión hasta que sea eyectado [Sánchez, V, Rodríguez F, 2003].
- 3.- Unidad de potencia: comprende el conjunto de dispositivos necesarios de la máquina para transformar y suministrar la fuerza motriz a la unidad de inyección y de cierre. Las máquinas emplean dos sistemas de potencia uno para el cierre del molde y otro para la inyección [Sánchez, V, Rodríguez F, 2003].
- 4.- Unidad de control: es la parte necesaria de la máquina para que se realice el proceso de una forma predeterminada y puede variarse [Sánchez, V, Rodríguez F, 2003].

La capacidad de una máquina inyectora se mide por la cantidad en gramos de material que pueda inyectar así como de la fuerza de cierre en toneladas de sus platinas. El gramaje del adoquín calculado a través de Solidworks ® fue de 728 g, se consultó con empresas que comercializaran este tipo de máquinas para establecer la fuerza de cierre necesaria para inyectar este material, se determinó con base a tablas que la fuerza requerida es de 300 toneladas. La elaboración de las muestras se realizó en una empresa privada, se colocaron las 2 partes del molde en las platinas de la máquina, se vació PET reciclado en la tolva, la temperatura de las resistencias se estableció entre 250 a 260° C; se procedió a la elaboración de 32 muestras que cubren una superficie de 2 m². (Figura 5)

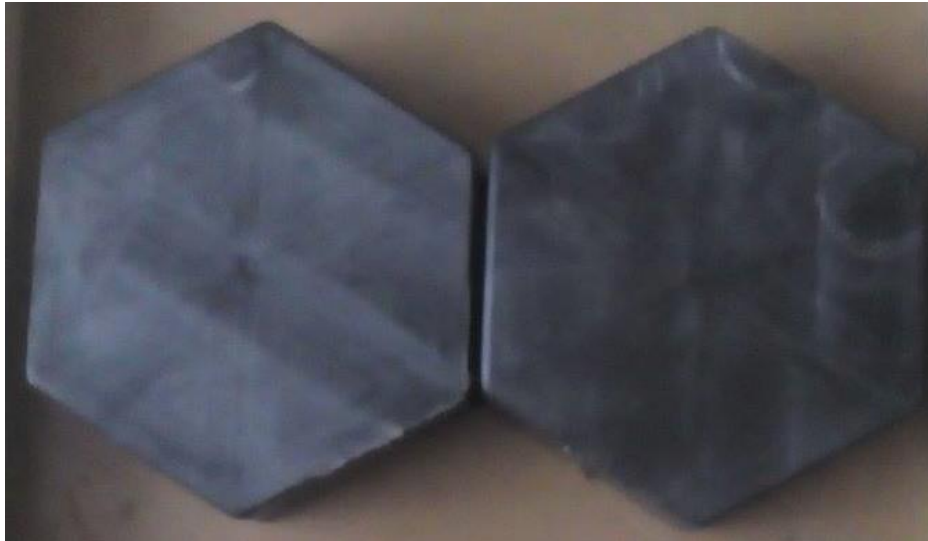


Figura 5. Muestras de adoquín de RPET.

Debido a que el PET reciclado merma sus propiedades mecánicas se agregó carbonato de calcio para recuperar dichas propiedades, para efectos de presentación se utilizaron pigmentos para obtener muestras de diferentes colores, finalmente se agregaron estabilizadores para reducir el deterioro del polímero que es ocasionado principalmente por el medio ambiente y la radiación ultravioleta.

Pruebas mecánicas.

Las propiedades mecánicas de los materiales plásticos varían dependiendo del tipo de plástico, así como de los aditivos que pueden ser incorporados en la formulación. Propiedades, tales como dureza, ductilidad y resistencia, están influenciadas por diferentes tipos de aditivos. Para determinar el equipo de ensayo adecuado, es importante entender cómo cambia de comportamiento el material debido a los aditivos adicionados.

El adoquín en su vida funcional va a estar sometido a cargas de compresión, por lo tanto, es la prueba mecánica que se utilizó. Consiste en aplicar fuerzas axiales encontradas de manera gradual, para llevar a cabo dicha prueba se empleó una máquina Autograph modelo AG-I 100 KN de ensayo universal. La prueba de compresión realizada al adoquín de PET reciclado se presenta en la figura 6.



a) Carga aplicada,

b) Vista lateral del adoquín,

c) Vista inferior interna

Figura 6. Prueba de compresión y vistas del adoquín después de la carga aplicada.

Resultados y discusión

Con la prueba de compresión realizada al adoquín se determinó que éste soporta una carga máxima de 49,987.5 N, con una compresión máxima de 5.379 mm, se realizó en un tiempo 80.71 segundos, una vez efectuada se observó que el adoquín no sufre fracturas o deformaciones considerables en la parte superior, los refuerzos internos evitaron dichos fenómenos, por lo que se requieren cargas mayores para fracturarlo totalmente. En la figura 7 se muestra la gráfica del ensayo de compresión obtenida.

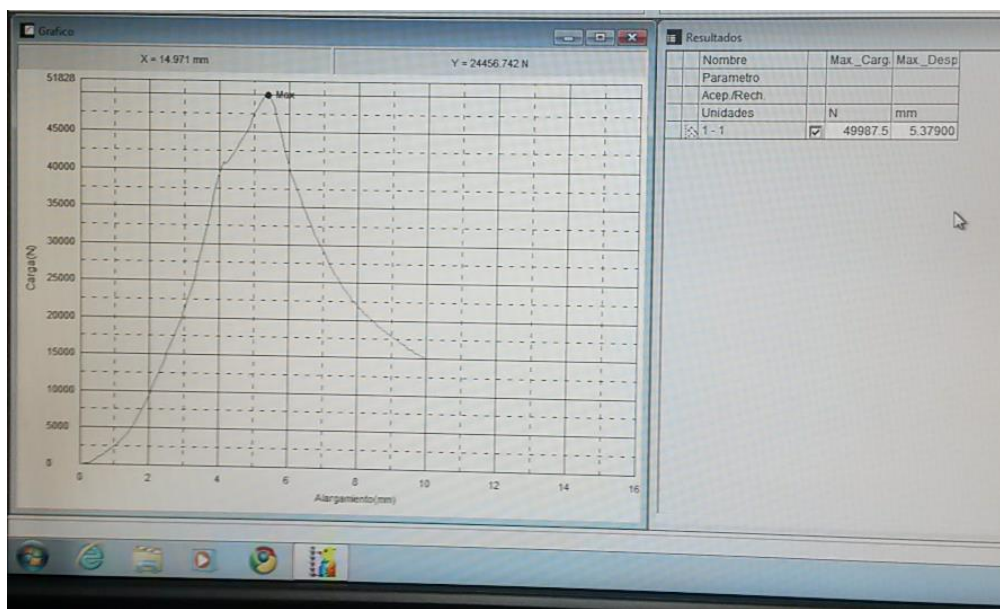


Figura 7.Grafica del ensayo de compresión del adoquín.

En la tabla 1 se presenta el costo de producción del adoquín de RPET, considerando la mano de obra de \$66.45 diarios con actividades principalmente de separación de etiqueta, tapa rosca, lavado de botella PET, suministro de botellas de PET en tolva para trituración, almacén de PET triturado, abastecimiento de RPET en tolva de máquina de inyección y almacén de adoquín. La materia prima considera el costo de compra de las botellas recicladas de PET y su traslado al área de producción. Los gastos indirectos comprenden luz, agua, mantenimiento, principalmente.

Tabla 1.Costo de producción del adoquín.

Concepto	Costo (\$)
Mano de obra	0.80
Materia prima	2.94
Gastos indirectos	1.31
Costo de producción	5.05

El precio de venta del adoquín se muestra en la tabla 2, considerando una ganancia del 60% en función de los precios del mercado.

Tabla 2. Precio de producción del adoquín.

Concepto	Precio (\$)
Costo de producción	5.05
Ganancia 60%	3.03
Precio de venta	8.08

Trabajo a futuro

El diseño de cualquier producto es un proceso iterativo que busca el mejoramiento del mismo. Debido a esto es importante resaltar que los resultados obtenidos con esta propuesta de diseño son susceptibles a mejoras. No obstante el respaldo que se ha generado ha sido muy importante y servirá para futuras versiones del adoquín. Para complementar esta investigación es necesario realizar pruebas con diferentes agentes químicos a los que pudiese estar expuesto el adoquín para determinar su resistencia química.

Conclusiones

En este trabajo se describieron los pasos que se llevaron a cabo para la elaboración de un adoquín hecho de PET reciclado. Los adoquines en su vida útil están sujetos a cargas de compresión por lo que es necesario determinar cuál es su resistencia y establecer si es funcional, los resultados obtenidos al realizar pruebas mecánicas demuestran que el adoquín de RPET soporta cargas de 50,000 N o 5500 kg, esto indica que se puede utilizar en casas habitación, patios, sitios públicos, etc., además de que es ligero y de fácil instalación.

El interés de reciclar plásticos tiene como beneficios el mejoramiento ecológico y generación de nuevas industrias que puedan resolver los problemas de contaminación, asociado a la obtención de utilidades y producción de empleos, con este proyecto se plantea una opción viable para el reciclaje de materiales plásticos convirtiéndolos en un producto funcional.

Referencias

1. Centro Empresarial del plástico (2012). Seminario reciclado de plásticos, México: CEP.
2. Centro Empresarial del plástico. (2013). Seminario de inyección de plásticos, México: CEP
3. Berreta H, R. Arguello, M. Gaitan & R. Gaggino. (1971). Nuevos materiales para la construcción: los plásticos reciclados. Centro Experimental de la Vivienda Económica – CEVE, Instituto de Investigación del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la República Argentina – CONICET; 1(1).p 1.
4. E. Maya Ortega (2007). Diseño de moldes de inyección de plástico, con ingeniería concurrente, Tesis , ESIME Zacatenco del IPN , México.
5. Sánchez V., Rodríguez F., (2003). Moldeo por inyección de termoplásticos ,Ed. Limusa , México.

DISEÑO Y SIMULACIÓN PARA AUTOMATIZAR EL TANQUE SUAVIZADOR DE CALDERAS

María de Jesús Oregán Silva ^{1*}, Ramón Matías López, Juan Carlos Vásquez Jiménez, Serafín Reyes García Gustavo
Alberto Morales Paulino,, Luis Antonio Leal López. Departamento de Metal – Mecánica.
Instituto Tecnológico de Tehuacán, domicilio conocido s/n Santa María Coapan.

*maoregansilva@hotmail.com

Área de participación: Industrial

Resumen

La caldera San Francisco está ubicada en el laboratorio de Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tehuacán, es una caldera didáctica, pirotubular, conformada por un tanque regenerativo, un tanque suavizador, un tanque de alimentación y un tanque generador de vapor, este sistema generador de vapor trabaja a presiones y temperaturas elevadas, siendo de gran importancia la función de un suavizador para eliminar las sales. El suavizador tiene dos funciones el de regeneración de su zeolita para eliminar las sales y el de alimentar el tanque regenerador, dicha operación se realiza por medio de una válvula de tres vías la cual se opera de forma manual, por lo que se pretende automatizar el suavizador por medio de sensores y dispositivos electrónicos, para hacer más eficiente su operación. Este proyecto tendrá gran impacto en cualquier tipo de empresa: aceitera, planta tratadora de agua, etc., debido a su eficiencia y bajo costo.

Palabras claves: diseño, simulación, caldera.

Abstract

The boiler San Francisco is located in the laboratory of Mechatronics Engineering at the Instituto Tecnológico of Tehuacan, is a didactic fire-tube boiler, formed by a regenerative tank, a softener tank, a water softener tank, a feed tank and steam generator tank, this steam generator system operates at high pressures and temperatures, is of great importance function softener to remove salts. The softener has two functions the regeneration of the zeolite to remove the salts and the regenerative tank feed, this operation is performed by means of the three-way valve which is operated manually, so it's intended to automate softener by sensors and electronic devices, to make its operation more efficient. This project will have great impact on any type of company: vegetable oil industries, water treatment plant, etc., because of its efficiency and low cost.

Keywords: design, simulation, boiler.

Introducción

Las calderas normalmente están integradas de los siguientes sistemas: un regenerador, un tanque suavizador, un tanque de almacenamiento, un tanque generador de vapor y un tanque de combustible.

Las calderas son utilizadas para generar vapor que permiten hacer funcionar sistemas en la industria tales como: destiladores, evaporadores, pasteurizadores, ollas de cocimiento para obtener la mezcla adecuada para la cerveza, turbinas para obtener energía eléctrica, en la obtención del aceite comestible, en las maquiladoras para el planchado, en la esterilización de equipos en los hospitales etc.

Cuando se utiliza una caldera en un proceso industrial determinado, es necesario que dicha caldera utilice agua libre de sales, con la finalidad de que no produzcan dureza en el generador de vapor, por lo que es necesario utilizar en todo momento un tanque suavizador para que se eliminen dichas sales.

En su mayoría las empresas en México utilizan tanques suavizadores que no están automatizados donde los operarios tienen que hacer todo el proceso del suavizador en forma manual, generando un poco de dificultad en su operación.

Normalmente los tanques suavizadores requieren de tres momentos, utilizando una válvula de tres vías: posición uno es retro lavado, posición dos es regenerado y posición tres es alimentación del agua al tanque estacionario o de alimentación al generador de vapor.

Cuando el tanque suavizador está dejando pasar los elementos químicos como el calcio y el magnesio el operador tiene que estar checando constantemente la dureza del agua por lo que tiene que estar auxiliando de químicos para determinar la dureza, es hasta entonces que detecta que requiere regenerarse la zeolita, para ese entonces ya se dejó pasar agua dura al tanque de almacenamiento para posteriormente pasar al generador de vapor.

Esto implica más trabajo de mantenimiento ya que las sales que causan dureza se van adhiriendo por la parte interna del generador y tubería, además si es constante que pasen las sales al generador de vapor, ocasionaría daños graves al sistema como aumento de presión del fluido durante la operación y llegando al problema de que los manómetros marquen una lectura equivocada o se forcen con el aumento de la presión hasta que dejen de funcionar, y por consiguiente llegaría hasta una explosión del sistemas ocasionado daños graves al laboratorio de Ingeniería Mecatrónica.

Por tal motivo se requiere de automatizar el tanque suavizador, de tal manera que permita un fácil manejo del sistema al ser controlado en forma automática, permitiendo detectar en forma oportuna el momento en que se requiera regenerar la zeolita en el tanque suavizador, utilizando válvulas electrónicas y sensores que puedan detectar su PH en la salida del suavizador.

De esta manera se eleva la eficiencia de operación del suavizador y por consiguiente el del tanque generador de vapor, evitando daños a los sistemas de control de presión, anulando la dureza en las tuberías y del sistema generador de vapor, reduciendo así el mantenimiento constante de los sistemas, aumentando su durabilidad con tanto manipuleo en los sistemas por el manejo de sustancias químicas ácidas para eliminar la dureza.

Objetivo general

Diseñar y simular el sistema del suavizador de forma automatizada para operar los sistemas que integran la caldera, tales como: el suavizador y el regenerador, para eficientizar su funcionamiento y disminuir los gastos de mantenimiento.

Objetivos específicos

- Analizar el funcionamiento de la válvula de tres vías del suavizador
- Analizar el funcionamiento del tanque regenerador
- Analizar la forma de regeneración del suavizador
- Analizar el sistema de mantenimiento del generador de vapor
- Realizar mantenimiento al tanque suavizador y al de regeneración
- Diseñar el sistema de operación automatizado del suavizador
- Seleccionar el material a utilizar en el proyecto.
- Realizar el presupuesto de costos del material a utilizar para el proyecto
- Elaborar el circuito y el código para la tarjeta arduino
- Instalar el sistema automatizado en el regenerador
- Instalar el sistema automatizado en el suavizador
- Instalar los sensores en chimenea del generador de vapor
- Realizar pruebas de operación en los sistemas implementados de la caldera

Justificación del proyecto

Como trabajadores de los Institutos Tecnológicos en el área de la docencia, se nos da la oportunidad de visitar empresas y además por la experiencia de poder laborar en empresas y a través de conocidos y familiares se ha podido identificar el problema que presentan dichas empresas ya que no cuentan con los sistemas automatizados del suavizador y tanque regenerativo, esto implica que los operadores corran el riesgo de no controlar de forma adecuada su operación provocando que se exista incrustaciones en tuberías y el sistema generador de vapor, exponiendo incluso que toda la empresa corra el riesgo de explotar el generador de vapor generando grandes daños y exponiendo a los trabajadores a un caos. Si el generador de vapor utiliza agua no tratada libre de calcio y magnesio causa incrustaciones. Normalmente la caldera se opera a altas presiones y temperaturas, con las incrustaciones en el generador de vapor y tuberías se eleva la presión aún mas, causando la explosión del generador de vapor.

Cuando pasa el generador de vapor se opera con agua de elevada dureza y se generan incrustaciones también provoca que constantemente se le esté dando mantenimiento a los sistemas utilizando ácido que a la larga deteriora el equipo y pone en riesgo a los operarios y a la empresa a que sufran daños severos, causando además pérdidas humanas por el mal manejo de los equipos.

Este proyecto es viable debido a un fácil manejo para el docente que imparta prácticas en el manejo de las calderas.

Que los alumnos de la carrera de Ingeniería Mecatrónica adquieran las competencias en el manejo de los sistemas térmicos y que posteriormente los alumnos egresados de la carrera de Ingeniería Mecatrónica puedan tener la oportunidad de manejar estos sistemas térmicos con toda la experiencia que requiere el futuro ingeniero mecánico, teniendo la oportunidad de proyectarse en las empresas a nivel Nacional.

Que las demás carreras de ingeniería que ofrece la Institución como: Ingeniería Bioquímica e Ingeniería Industrial, puedan hacer prácticas de laboratorio, ya que sería el único laboratorio que cuenta con este tipo de equipo y que sería la oportunidad de dar a conocer el equipo a las demás carreras sin necesidad de salir a la empresa, ya que muchas de ellas ya no dan la oportunidad de conocer estos sistemas debido al riesgo que implica poderlas operar.

Que funcionando la caldera en forma automatizada, se puede dar capacitación a las empresas, tanto en el área de mantenimiento como los que directamente operan las calderas.

El diseño de la automatización del suavizador se pretende realizar de forma simulada con la finalidad de lograr mejores resultados en cuanto su material, movimiento y funcionamiento del sistema, por lo que a continuación se da una lista del material y circuito para su posible instalación del sistema automatizado:

FUNCIONAMIENTO DEL SUAVIZADOR DE FORMA MANUAL

La caldera San Francisco está constituida por los sistemas tales como: tanque regenerador, tanque suavizador, tanque de alimentación o almacenamiento y tanque generador de vapor, los cuales tienen la siguiente función:



Ilustración No. 1 Sistemas que integran la Caldera San Francisco

Una de las funciones importantes en el manejo del agua en los sistemas que conforman la caldera es la válvula de tres vías, la cual tiene tres funciones: la posición uno es la de lavado de la resina, la posición dos es para la regeneración y la posición tres es para que el agua de la cisterna pase por el suavizador y alimente el tanque de almacenamiento y posteriormente alimente a la caldera.



Ilustración No. 2 Válvula de tres vías

Proceso para regenerar la zeolita el cual consta fundamentalmente de tres pasos (retrolavado, regenerado, y enjuagado). El tiempo de servicio o ciclo entre regeneración y regeneración, como, depende de la dureza total del agua que contenga la zeolita, depende el gasto de la misma, y de la capacidad del equipo en cuestión, de

cualquier modo, sabremos cuando regenerar la zeolita, haciendo las pruebas de dureza del agua ya tratada que va al servicio. Para hacerlo, véase el instructivo adjunto.



Ilustración No.3 Tanque regenerador, suavizador y de alimentación

Prueba de dureza

De cualquier manera, será conveniente observar el grado de suavización del agua que sale al servicio: haciendo la prueba cuando menos cada 24 horas. Cuando se realice la prueba de dureza efectuada, indica que la zeolita está agotada y deba regenerarse; será conveniente hacer el proceso completo y de manera siguiente;

1.- Retrolavado

Antes de regenerar la zeolita haciendo pasar la salmuera (agua con sal) a través de ella es indispensable hacer el retrolavado cuyo objetivo es eliminar todas las partículas que el agua trae en suspensión que quedan suspendidas en la capa superior de la resina (zeolita) que contiene el tanque, ya que la cama interior de la arena silica impide el paso de las mismas.

Antes iniciar el retrolavado, hay que preparar en el tanque de salmuera, la solución de agua y sal correspondientes a la capacidad del equipo; para esto se colocará la sal en grano (7 kilos por pie³ de resina por cada 32,000 granos de capacidad), en el fondo del tanque de salmuera, y abrir lentamente hasta su totalidad, la válvula que conduce al tanque de salmuera hasta que este se llene completamente, (una vez lleno deberá cerrarse-) agitar la solución dentro del tanque secundario de salmuera hasta que esté perfectamente mezclado. Después de haber hecho lo anterior, se iniciará el retrolavado para lo cual se revisará que la válvula de entrada de agua dura esté abierta, enseguida se cerrará lentamente la válvula de servicio o de salida de agua suavizada, al mismo tiempo se deberá cambiar la válvula de puertos múltiples a su posición no. 1; se deja todo en esta posición durante cinco minutos.

2.-Regenerado

Para el proceso de regenerado, se hará lo siguiente:

- a) Se revisará la válvula de agua dura está abierta.
- b) Poner la válvula de puertos múltiples en la posición no. 2
- c) Checar que la válvula de servicio de agua suavizada se encuentre cerrada.
- d) Abrir la válvula de la línea del agua del tanque, deberá bajar una pulgada por minuto, hasta que se agote el contenido del tanque.
- e) Al terminarse la solución del tanque de salmuera, deberá cerrarse la válvula.

3.- Enjuagado

Este proceso tiene por objetivo el arrastrar toda la sal en exceso, que queda en el regenerado y evita que al poner en servicio el equipo sin enjuagar, el agua salina pueda afectar el proceso o pudiera actuar como agente corrosivo en tuberías de servicio.

- 1.- Checar que la válvula de entrada de agua continué abierta.
- 2.- Checar que la válvula de puertos múltiples, continúa en posición no. 2
- 3.- De esta manera. El agua estará saliendo por la tubería que desemboca en el drenaje y se dejará de esta manera hasta que el agua que sale por la tubería pierda su sabor salado.

NOTA: Cabe aclarar que cuando en el proceso 2 de regenerado se cierra la válvula del tanque de salmuera, queda automáticamente el equipo, efectuando el proceso 3 de enjuagado.

4.- Puesta en servicio de equipo (suavizador)

Para poner en servicio el equipo una vez que se ha comprobado que en la posición anterior ya no sale agua con sabor salino.

1. Se cerrará la válvula de entrada de agua cruda dejándola abierta solo un cuarto de su totalidad.
2. Se abrirá totalmente la válvula de servicio.
3. Se pondrá la válvula de puestos múltiples en su posición de servicio posición no. 3.
4. Se debe abrir lentamente toda la válvula de entrada de agua dura.
5. Cerrar la válvula de la tubería que va al desagüe.

FUNCIONAMIENTO DEL SUAVIZADOR DE FORMA AUTOMATIZADA**Materiales**

5 Electroválvulas de media pulgada a 12 voltios.

2 botones push

1 placa arduino mega 2560

Circuito

1 Placa fenólica de 10 x 15

10 Resistencias de 1Kohms

5 transistores NPN 120

1 Sensor de pH S662CD

30 metros de cable de calibre 10

30 metros del calibre 16

Tabla 1: CONCENTRADO DEL PRESUPUESTO SOLICITADO

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Placa fenólica de 10 x 15	PIEZA	1	\$19.00	\$19.00
Placa Arduino Mega 2560	PIEZA	1	\$380.00	\$380.00
Electroválvula ½" 12 V	PIEZA	5	\$130.00	\$650.00
Switch de push	PIEZA	2	\$25.00	\$50.00
LCD Display 16x2	PIEZA	1	\$60.00	\$60.00
LED ultrabrillante de 5 mm	PIEZA	2	\$5.00	\$10.00
Transistor NPN 120	PIEZA	5	\$20.00	\$100.00
Resistencias de 1Kohms	PIEZA	10	\$1.00	\$10.00
Sensor de pH S662CD	PIEZA	1	\$2516.56	\$2516.56
Cable de calibre 10	METROS	30	\$5.00	\$150.00
Cable de calibre 16	METROS	30	\$3.00	\$90.00
Componentes adicionales	VARIOS	VARIOS	\$200.00	\$200.00
			COSTO TOTAL	\$ 4,235.56

En el tanque de regeneración se prepara una solución de salmuera la cual está constituida de sodio y cloro en forma diluida y que además está libre yodo, evitando así que este no permita que la resina capte los elementos químicos causante de la dureza (calcio y magnesio).

En algunas empresas se ha determinado que por el constante uso de la caldera en los procesos de producción, ya que esta opera las 24 hrs, se aprecia que el operador regenera todos los días el suavizador, sin siquiera determinar la dureza del agua que sale del suavizador, esto hace que la zeolita se deteriore más rápido, esto hace que se pique y ya no funcione como tal en la eliminación de la dureza. Esto generaría más gastos para la empresa en comprar la zeolita, que va alrededor de \$2,188.00 el kilo,

Lo ideal es regenerar la zeolita hasta que realmente esté agotada, esto que cuando totalmente atrape el calcio y el magnesio en su totalidad y así se evitarían gastos tanto de la compra de la zeolita como el gasto de sal para regenerarla.

De acuerdo a lo anterior, es necesario automatizar el suavizador, ya que se operaría más adecuadamente con el control de válvulas, pero también nos indicaría a través de su sensor de pH cuando requiere regeneración el suavizador.

FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO

Para poder llevar a cabo este proceso se realizó una simulación en Proteus reemplazando las electroválvulas y las bombas con leds y los sensores con switch. Ver Tabla 2 e Ilustración 4.

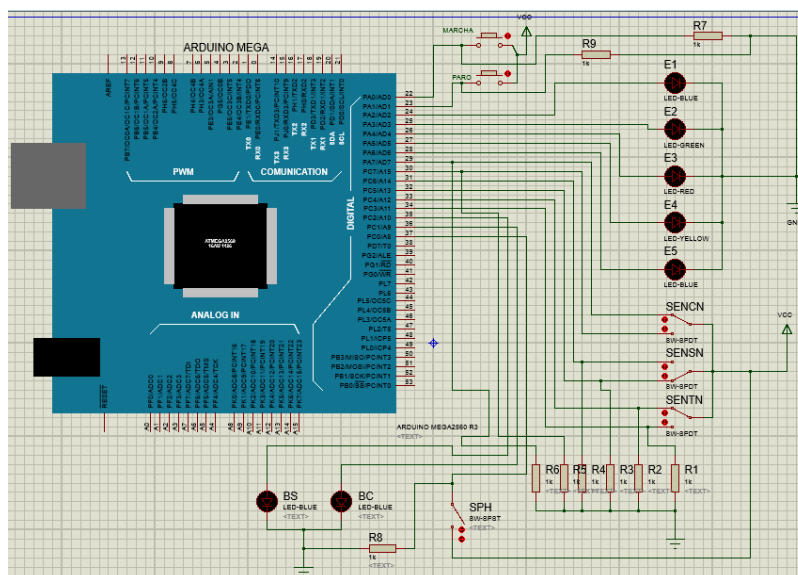


Ilustración 4: Simulación del sistema automatizado

Cuando uno pulsa marcha encenderá el display y dependiendo de en qué posición se encuentre cada sensor de nivel procederá a llevar a cabo una operación, mostrando en pantalla los niveles de solución en cada depósito y el proceso que se esté realizando. Si el sensor de nivel de la cisterna está en nivel alto, el sensor de la salmuera está en nivel bajo, junto con el sensor del tanque de almacenamiento está en nivel bajo, y en este caso el sensor de pH está detectando que el agua se encuentra de forma normal libre de sales que generen dureza. Con estas condiciones se inicia el proceso, esto quiere decir que el agua de la cisterna está pasando por el suavizador y está alimentando el tanque de almacenamiento para alimentar el generador de vapor en cualquier momento. Cuando se cumplen estas condiciones, se activan las electroválvulas E4 (cisterna-suavizador) y E5 (suavizador-tinaco) y BC (bomba de la cisterna). Ver ilustración No. 5.

Tabla 2: Representación de los componentes y sus símbolos

Simbolo	Descripción
E1	Electrovalvula 1 Salmuera-Suavizador
E2	Electrovalvula 2 Suavizador arriba-Coladera
E3	Electrovalvula 3 Suavizador abajo-Coladera
E4	Electrovalvula 4 Cisterna-Suavizador
E5	Electrovalvula 5 Suavizador-Tanque de almacenamiento
BS	Bomba del tanque de regeneracion
BC	Bomba de la cisterna
SN1	Sensor de nivel de sisterna
SN2	Sensor de nivel de tanque regenerativo
SN3	Sensor de nivel de tanque de almacenamiento

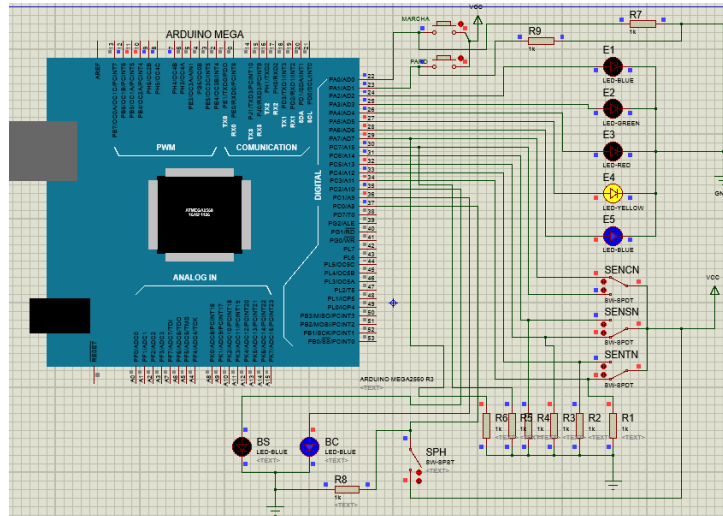


Ilustración 5: Simulación del suavizador

Proceso de regeneración

Cuando el proceso de alimentación al generador de vapor se esté realizando de forma constante, entonces la zeolita se satura de los elementos químicos que generan la dureza como son: las sales de calcio y magnesio, entonces se procede a regenerar la zeolita.

Este proceso está controlado por un sensor de pH a la salida del suavizador, el cual está detectando la dureza del agua a la salida del mismo, en este caso en la simulación se representa por switch push, que al mandar un uno lógico este, representa que el sensor está detectando un pH elevado, arriba de los 7.5 de dureza, lo cual indica que el suavizador requiere el proceso de la regeneración, representándolo con un sensor detectará automáticamente parará el proceso y mostrara en pantalla que necesita regeneración.

Posteriormente se prepara la salmuera de forma manual, en un recipiente independiente al tanque de regeneración para que el sensor pueda detectar que hay solución en el tanque de regeneración, una vez que detecta se presiona marcha y se activan las electroválvulas E1 (salmuera suavizador), E2 (suavizador arriba coladera) y la bomba de la salmuera (BS), y realizando esta operación durante 35 minutos aproximadamente o hasta que se acabe la solución.

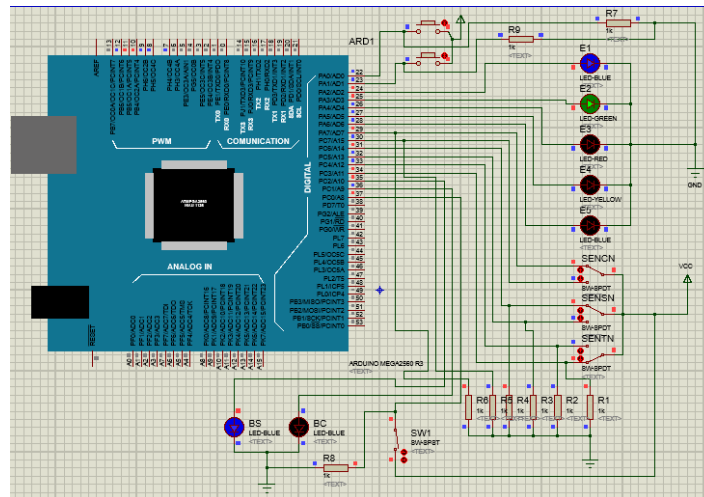


Ilustración 6: Simulación en modo de regeneración

Posteriormente se apaga la bomba de la salmuera y se desactiva la electroválvula E1 y se activa la electroválvula E4 junto con la bomba de la cisterna durante un tiempo aproximado de 5 minutos hasta que el sensor pH detecte que no exista sal en el agua que sale del suavizador y se para el proceso.

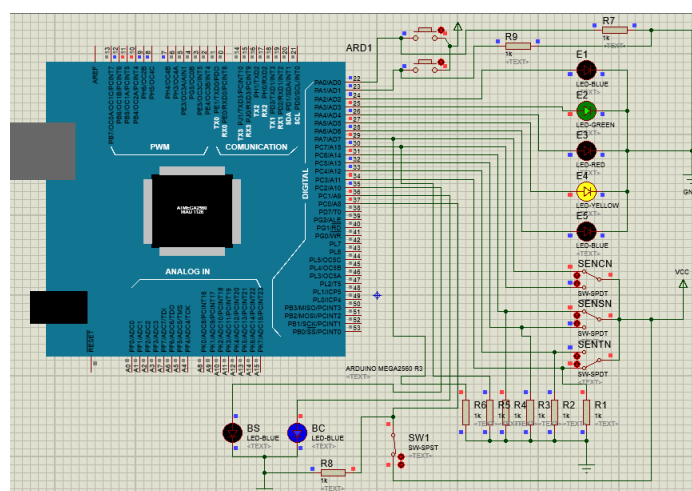


Ilustración 7: Simulación de etapa de enjuague

Y nuevamente se hace el primer proceso de alimentación de agua de la cisterna entra al suavizador y el agua alimenta al tanque de alimentación y nuevamente alimenta al generador de vapor. Considerando que en cada proceso existe un paro de emergencia, por medida de seguridad.

Resultados y discusión

En la actualidad existen suavizadores automatizados, en los cuales su único proceso es realizar la regeneración, la solución de salmuera, el cierre y aperturas de válvulas y la prueba de dureza se realizan de forma manual lo cual no es un proceso totalmente automatizado. El costo de un suavizador anda entre los \$14,000.00 hasta \$17,000.00 dependiendo de la marca, lo cual resulta caro para la empresa comprar uno nuevo si ya se cuenta con el sistema autoamizado.

Conclusiones

Con este proyecto se pueden lograr muchos beneficios durante el proceso de la operación de la caldera, ya que permite controlar la dureza del agua factor importante para lograr mejores beneficios en la operación del generador, de vapor, evitando el acumulamiento del sarro en tuberías y caldera, logrando una mejor calidad de la obtención del vapor, evitando el constante mantenimiento de los tanques y suavizador, haciendo más duradera la resina y evitando gastos en la empresa. Esto se puede realizar a través del sistema de simulación, para asegurar el efectivo funcionamiento del sistema suavizador, evitando pérdidas en su aplicación real. También la automatización del suavizador en el control de la regeneración de la zeolita evita que no cause problemas serios a la caldera, evitando inclusive la explosión de los sistemas que integran la caldera.

El control automatizado del suavizador no existe en el mercado que se pueda realizar a través de sensores, electroválvulas y equipo electrónico, dando la oportunidad de modificar el sistema a través de las empresas que usen este tipo de sistema a un costo bajo, sin necesidad de comprar sistemas automatizados de elevado costo, por lo que de esta manera se viene dando la oportunidad al futuro ingeniero aplicar este tipo de sistema y asegurar su trabajo.

Referencias

Sensor. (Martes de Febrero de 2015)., de <http://medirtemperatura.com/sensor-temperatura.php>

ASA. (s.f.). *Aplicaciones y soluciones para el agua*, de Servicios para el sector industrial: <http://asamexico.com/i-suavizadores.php>

Commons, C. *Arduino*., de <http://es.wikipedia.or/wiki/Arduino>

Conromex. (s.f.)., de <http://www.canromex.com/sitio/index.php/dureza-del-agua-y-sarro/suavizadores>

Danfoss. (s.f.)., de http://www.danfoss.com/Latin_America_spanish/BusinessAreas/IndustrialControls/Products_pdf/Solenoid+Valves.htm *dealextrême*. (s.f.).

Dealextrême. (s.f.), de <http://www.dx.com/es/c/electrical-tools-499/arduino-scm-supplies-436?pageSize=200&gclid=CPehvamE18MCFQaLaQod1oAA-A>

Estudio de los Factores de Iluminación y Ruido dentro de la empresa MYG DENIM S.A. de C.V.

L. M. García Martínez¹, N. Rodríguez Ventura¹, R. Mora Reyes¹, G. Robles Calderón¹.

¹Cuerpo Académico Innovación y Desarrollo Tecnológico, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II s/n, Aire Libre, Teziutlán, C.P. 73960, Puebla, México.

*caidt2014@yahoo.com.mx

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

Se realizó un estudio de los factores de iluminación y ruido dentro de la empresa MYG DENIM S.A. de C.V. con la finalidad de determinar si los parámetros actuales coinciden con los que dictan las normas de seguridad e higiene en la industria. Para ello, fue necesaria la calibración del equipo utilizado para la toma de las lecturas correspondientes y al mismo tiempo, se capacitó al personal que realizaría el estudio, tanto en el uso del equipo como en el manejo de las normas. De la misma manera se desarrolló un plan de visitas aleatorias a la planta, para que de manera sistemática se tomaran las lecturas correspondientes. Posteriormente se aplicó una encuesta a los trabajadores y finalmente se procesaron los resultados para la obtención de conclusiones, las cuales demostraron que la empresa labora dentro de los parámetros estipulados en la NOM-011-STPS-2001 y la NOM-025-STPS-2008.

Palabras clave: Iluminación, Ruido, Seguridad, Higiene.

Abstract

A study of the factors of enlightenment and noise was performed within the company MYG DENIM SA de C.V. in order to determine if the current parameters match with the health and safety standards in the industry. Consequently, it was necessary calibrate the equipment used for making the corresponding readings, while training staff to conduct the study in the use of equipment and management standards. Similarly, random plan visits to the plant was developed systematically to the corresponding readings were taken. Subsequently, a survey was applied to workers and finally the results for drawing conclusions were processed. The results showed that the company works within the parameters set forth in NOM-011-STPS-2001 and NOM-025-STPS-2008.

Introducción

La industria maquiladora en México ha mostrado un constante desarrollo durante la primera década del presente siglo, debido principalmente a la mano de obra efectiva y económica, así como la ventaja de su localización geográfica⁸. Particularmente la región de Teziutlán en el estado de Puebla, se caracteriza por el asentamiento de la industria maquiladora especializada en prendas de vestir. Dicha industria ha representado una fuente de empleo importante que ha contribuido en el desarrollo de las comunidades apartadas de la región, obteniendo de ellas mano de obra eficiente y calificada. Sin embargo, la competencia existente en el ramo de la confección, así como la falta de apoyo y la crisis económica actual, han propiciado que un gran número de empresas de este giro se vean obligados a dejar de operar.

Una de las empresas más robustas y que a lo largo del tiempo se ha mantenido vigente es Maquillas y Confecciones MYG DENIM S.A. DE C.V., la cual, ha conseguido construir un sistema de mejora continua de sus procesos y métodos de trabajo en todas las áreas que la integran. Para continuar con este camino, el presente estudio busca mantener las condiciones laborales adecuadas del personal a través del análisis de los escenarios actuales.

El propósito del reconocimiento de las condiciones de iluminación dentro de la planta, es identificar las áreas de trabajo y sus tareas visuales asociadas a los puestos de trabajo¹. Así como la identificación de zonas con una iluminación deficiente o en su defecto el exceso de iluminación que provoque deslumbramiento al operador³. Para lo anterior, se realizó un recorrido por todas las áreas del centro de trabajo donde los operarios realizan tareas visuales, se consideraron además, los reportes de los mismos, y la información técnica disponible.

Por otro lado, con base en la NOM-011-STPS-2001, los límites máximos permisibles de exposición a ruido en los que una persona puede trabajar es de 90 decibeles con una jornada laboral de 8 horas de exposición al ruido, esto varía dependiendo los decibeles en los que se encuentre laborando la empresa. En las mediciones que se obtuvieron dentro de la empresa dieron como resultado que se encuentra dentro de las reglas que la NOM-011-STPS-2001.⁸

Metodología

Zonificación de la nave industrial

Para un mejor manejo de la información, la planta #1 de la empresa MYG DEMIN S.A. de C.V. se dividió en 12 zonas de observaciones de acuerdo a las líneas de tensión colocadas en la parte superior de la nave. Con base en lo anterior se tiene la siguiente distribución:

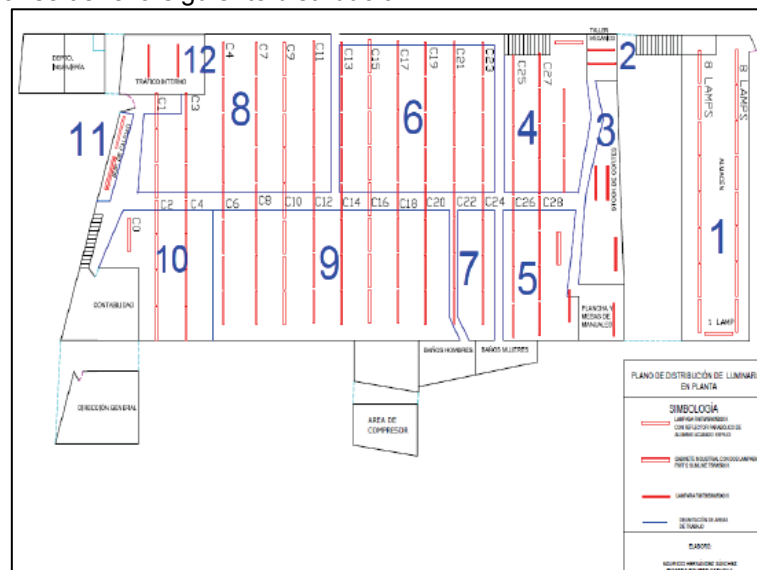


Figura 1. Distribución de las zonas de análisis.

Dentro de la nave industrial, se observó el tipo de maquinaria que se utiliza, así como el número de equipos que actualmente funcionan para identificar aquellos que exhiben una mayor cantidad de ruido. Por otro lado, se observó que el tipo de iluminación que presenta la nave dentro de la mayoría de sus procesos, proviene de lámparas fluorescentes cuya potencia de 2x29 Watts, se alimenta con tensiones de 127 y 227 volts. La vida útil de este tipo de lámparas especificada por el fabricante es de 42 meses.

Calendarización de visitas aleatorias

De acuerdo con la definición de experimento aleatorio⁶, se decidió calendarizar las visitas a la planta en diferentes momentos del día, durante el periodo de realización de este estudio para tener un resultado fidedigno. De este modo se agendaron visitas aleatorias a la planta sin avisar de manera anticipada a los trabajadores, quienes durante la toma de las lecturas, debían realizar sus actividades de manera normal.

Medición de los factores de iluminación y ruido

Para medir el factor de iluminación, se colocó el luxómetro en cada estación de trabajo por operador. Considerando para ello, elegir la superficie más adecuada en la cual el trabajador presta más atención, esto con el fin de obtener la cantidad de luz específica que incide directamente en su vista. Asimismo se debe mencionar que las mediciones se tomaron con base en el tipo de luz artificial utilizada, que de acuerdo a la NOM-025 STPS 2008 se debe seguir el siguiente proceso⁹:

- Encender las lámparas con antelación, permitiendo que el flujo de luz se estabilice; si se utilizan lámparas de descarga, incluyendo lámparas fluorescentes, se debe esperar un periodo de 20 minutos antes de iniciar las lecturas. Cuando las lámparas fluorescentes se encuentren montadas en luminarias cerradas, el periodo de estabilización puede ser mayor.
- En instalaciones nuevas con lámparas de descarga o fluorescentes, se debe esperar un periodo de 100 horas de operación antes de realizar la medición.

- c) Los sistemas de ventilación deben operar normalmente, debido a que la iluminación de las lámparas de descarga y fluorescentes presentan fluctuaciones por los cambios de temperatura.

Los puntos de medición se seleccionan en función a las operaciones realizadas en el área de producción de la empresa, de tal manera que se realizaron las mediciones en condiciones normales laborales para que así no existieran alteraciones en los datos obtenidos y esto a su vez, otorgue información confiable. Considerando que dentro de la empresa se utiliza la mayor parte del tiempo luz artificial dada por luminarias F-96T8-59W-5000K con reflector parabólico de aluminio con acabado espejo, y las diferentes áreas de trabajo que requieren iluminación localizada.

Para obtener los datos concretos del nivel de ruido, fue necesario colocar el sonómetro cerca de los oídos de cada operador en su puesto de trabajo. De este modo se tienen datos concretos sobre la incidencia de ruido en el oído de cada trabajador. Se debe considerar además que los niveles permisibles de ruido que deben incidir en el plano de trabajo en la empresa MYG DENIM S.A. de C.V; para cada tipo de tarea visual o área de trabajo debe ser menor a 90 decibeles de acuerdo a la NOM-011-STPS-2001.

Procesamiento de datos

Una vez que los datos fueron recopilados, se procesaron de manera estadística en diferentes paquetes de software para cuantificar las frecuencias, obtener la distribución y las tendencias de los factores de iluminación y ruido en las diferentes zonas previamente definidas, con ello fue posible realizar las conclusiones necesarias.

Dictamen del estudio

Al terminar el procesamiento de los datos, se procedió a realizar dos informes técnicos con los resultados de esta investigación, mismos que fueron entregados a la empresa con las observaciones pertinentes para su consideración.

Materiales

Los instrumentos con los que se realizaron las mediciones son, por un lado, un luxómetro con detector de tipo cosenoidal, con una calibración certificada el día primero de agosto de 2014 por la empresa "Twilight S.A de C.V. instrumentos de medición industrial", esto en cumplimiento a la NOM-025-STPS-2008 para avalar la calidad del estudio y al mismo tiempo para tener mayor exactitud de las muestras obtenidas, el luxómetro utilizado es de la marca LUTRON, modelo YK-10LX con su respectivo reporte de calibración⁵. El reporte de calibración cuenta con datos referentes a la intensidad de corriente a la que operó la lámpara incandescente, las distancias en las cuales se midieron los niveles de iluminación y los valores de luminancia indicados por el instrumento a cada una de estas distancias.

Por otro lado, el instrumento con el cual se realizaron las mediciones de sonido es un sonómetro con un detector de tipo cosenoidal con una calibración certificada en la misma fecha que el equipo anterior. El sonómetro utilizado es de la marca BK PRECISION, modelo 732, el cual cuenta con un reporte de calibración actualizado, para garantizar su funcionamiento.

Resultados y discusión

Evaluación de los niveles de iluminación

A continuación se dará a conocer el comportamiento de las mediciones en las diferentes zonas del estudio para determinar las diferentes condiciones de iluminación prevalecientes en la nave de acuerdo a la NOM-025-STPS 2008.

La zona de almacén se clasificó en 3 niveles, siendo el nivel 1 la parte más alta, el nivel 2 la parte media y el nivel 3 la más cercana al piso. Dentro de la estantería se guardan diferentes artículos, tales como cajas de avíos, habilitación, entre otros, por lo que se tomó un parámetro de 200 luxes como nivel mínimo y 500 luxes como límite máximo para la actividad de distinción clara de detalles en este tipo de área de acuerdo a la NOM-025-STPS-2008. De acuerdo a las mediciones registradas en esta área, la mayor parte de las mediciones están por arriba de los límites puesto que es la más cercana a las luminarias, aunque de acuerdo a la norma, esto no representa deslumbramientos ni afectaciones.

Por otro lado en el nivel 2 o plano medio, usualmente se realizan la mayor cantidad de actividades y de acuerdo a las lecturas obtenidas se observa que las mediciones se encuentran cercanas a las condiciones ideales de iluminación. Por lo que en términos generales se puede deducir que el área de almacén se encuentra dentro de los límites normales de iluminación para la realización de un óptimo trabajo. Las mediciones realizadas en la zona del taller mecánico se encuentra dentro de los límites establecidos, por lo cual el área esta en las condiciones ideales de iluminación de acuerdo con las especificaciones requeridas por la NOM-025-STPS-2008.

En el stock de corte existen 4 lámparas, cuya iluminación se encuentra por debajo de los límites permitidos, asimismo el área de devanado cuenta con una lámpara que no da la suficiente cantidad de luz para estar en los límites recomendados. Para el área de planchado y marcado de vivos se tiene una alta variabilidad de las condiciones de iluminación, por lo que el personal debe forzar la vista para realizar las actividades pertinentes al área.

Para las áreas de habilitación delantero, habilitación trasero, ensamble delantero y ensamble trasero, se tiene una gran variabilidad en las lecturas como se observa en las figuras 2 y 3, sin embargo todas están dentro de los parámetros permisibles para la norma. Se debe mencionar que algunos de los trabajadores refirieron sentir cansancio visual al término de su jornada laboral debido a esos cambios de luminosidad.

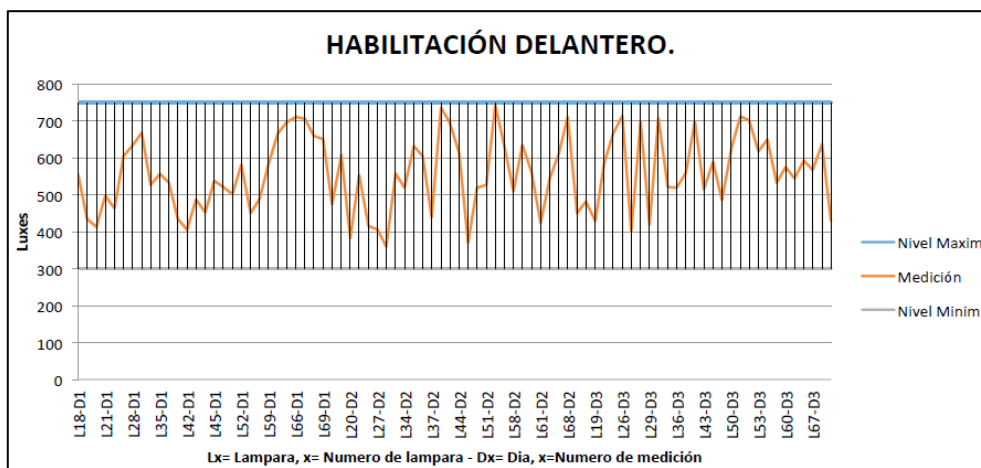


Figura 2. Medición del factor de iluminación en la zona de habilitación delantero.

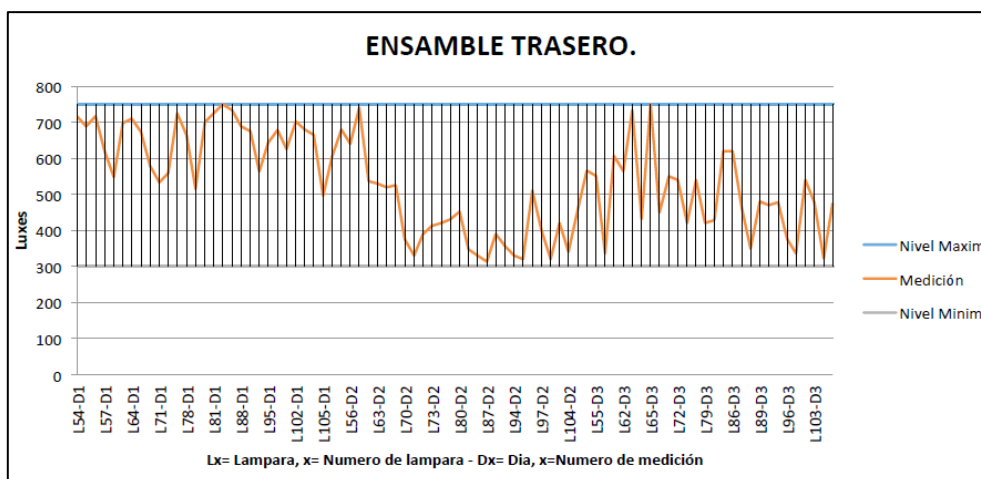


Figura 3. Medición del factor de iluminación en la zona de ensamble trasero.

El área de deshebrado y revisado cuenta con luminarias específicas que se encuentran dentro de los parámetros adecuados de iluminación, sin embargo existen puntos específicos dentro del área donde los trabajadores indican hacer un mayor esfuerzo visual para desempeñar su actividad. Tomando en cuenta que es una actividad de inspección y de atención total al producto en proceso para que éste cumpla cabalmente con las especificaciones de confección, se establece como límite mínimo 300 luxes, por la

actividad de distinción moderada de hebras en el pantalón y 750 luxes máximo, para la inspección de trabajo delicado de prendas.

Dentro de la zona de calidad la variabilidad se encuentra dentro de los límites permisibles, ya que dicha área cuenta con dos lámparas que se encuentran dentro de los parámetros que marca la NOM-025-STPS-2008. Por los que no existen puntos del área que carezcan de iluminación adecuada para realizar dicha actividad. En este tipo de trabajos el esfuerzo visual es mayor y los parámetros de iluminación son más amplios.

Evaluación de los niveles de ruido

A continuación se dará a conocer el comportamiento de las mediciones en las diferentes zonas del estudio para determinar las diferentes condiciones de ruido prevaecientes en la nave de acuerdo a la NOM- 011-STPS 2001.

Iniciando por la zona de almacén se puede concluir de acuerdo a las mediciones realizadas, que tiene un nivel estable en cuanto a la variabilidad de los niveles de ruido se refiere, ya que de acuerdo a la norma, el nivel máximo para una jornada de 8 horas es de 90 decibeles, y las condiciones percibidas no representan riesgo alguno en la audición del operario. Continuando con la zona de taller mecánico, se observa que las lecturas de ruido se encuentran dentro de los parámetros establecidos entre 70 y 90 decibeles.

La zona de stock de corte, la de devanadora y la zona de plancha y marcado de vivos, presentan un comportamiento similar a las zonas mencionadas anteriormente, refiriendo valores estables por debajo del límite permitido por la norma. Las zonas de habilitación delantero y habilitación trasero también tienen valores de ruido especificados como permisibles dentro de la NOM- 011-STPS-2001, por lo que no presentan ningún riesgo auditivo en los trabajadores cuya jornada laboral es de ocho horas.

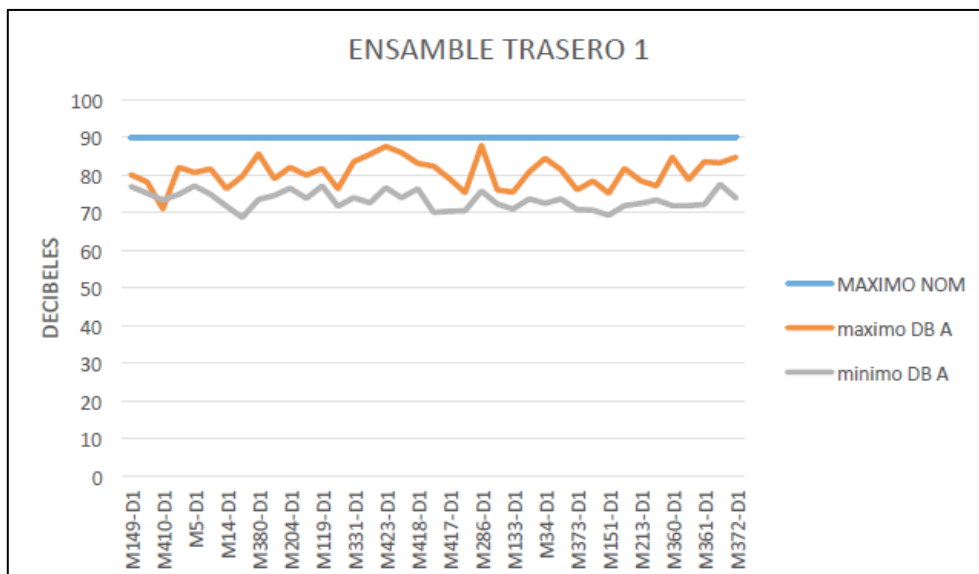


Figura 4. Medición del factor de ruido en la zona de ensamble trasero.

Las zonas de ensamble delantero, ensamble trasero, así como deshebrado y revisado, presentan algunos picos en sus lecturas de ruido como se observa en la figura 4, pero en términos generales se encuentran dentro de los valores permitidos por la norma.

Finalmente el área de calidad, tal como se muestra en la figura 5, presenta un comportamiento similar, concluyendo que las condiciones de ruido en el área son favorables para desempeñar sus labores de manera óptima.

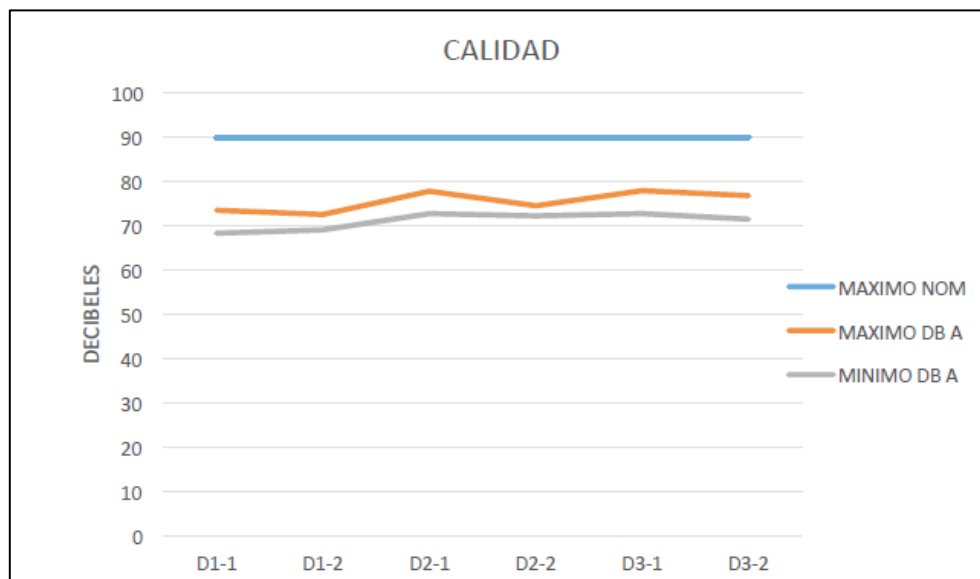


Figura 5. Medición del factor de ruido en el área de calidad.

Aplicación de encuesta

Además de los factores de iluminación y ruido con equipo especializado, se aplicó una encuesta al personal que labora en la nave 1 de la empresa MYG DENIM S.A. de C.V. para tener información de primera mano sobre las condiciones laborales de los trabajadores, y con ello contribuir a la obtención de conclusiones y recomendaciones para la empresa.

Se encuestaron 138 trabajadores, que representan el 100% de los empleados de la empresa. De acuerdo al instrumento utilizado se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. El 80% de los encuestados asegura que cuenta con la iluminación adecuada en su puesto de trabajo.
2. El 65% asegura que de tener la posibilidad de regular la iluminación en su puesto de trabajo, la mantendría sin cambios.
3. El 30% asegura que debe forzar la vista para poder realizar su trabajo.
4. El 34% comenta que siente molestias producto del tipo de lámparas empleadas en la nave.
5. El 30% de los encuestados asegura tener vista cansada al término de su jornada laboral.
6. El 58% de los encuestados asegura que el ruido en su puesto de trabajo en ocasiones es molesto.
7. El 59% asegura que de tener la posibilidad de regular el ruido en su área de trabajo preferiría disminuirlo
8. El 33% de los encuestados asegura que en su puesto de trabajo hay máquinas que producen mucho ruido.
9. El 30% de los encuestados asegura que en su puesto de trabajo hay máquinas que vibran.
10. El 42% de los encuestados comenta que durante o después de su jornada laboral experimentan estrés debido al ruido.

Trabajo a futuro

Una vez entregados los reportes de esta investigación a la empresa, el siguiente paso es verificar el cumplimiento de las recomendaciones realizadas, por lo que se prevé dar seguimiento a este proyecto a fin de mejorar las condiciones laborales de los empleados de la nave 1. Por otro lado, la empresa MYG DENIM S.A de C.V cuenta con dos naves de producción, por lo que se pretende que posteriormente se realice este mismo estudio a la segunda nave para verificar las condiciones de trabajo que prevalecen en ella y con ello continuar con el proceso de mejora continua de la empresa.

Conclusiones y Recomendaciones

Una vez realizado el estudio dentro de la empresa, se determina que los niveles de iluminación de las diferentes áreas son permisibles, a pesar de que existen puntos críticos con iluminación insuficiente principalmente en la máquina devanadora, que deberán atenderse a la brevedad.

Se obtendrán mayores beneficios al colocar en el techo de la planta #1 láminas traslucidas, que contribuyan a mejorar la cantidad de luz natural al interior de la planta

Una iluminación apropiada no solo ayuda a ver mejor mientras se trabaja, sino que también previene problemas de salud, contribuye a aumentar la productividad y propicia un mejor ambiente laboral⁴.

Con base en los resultados obtenidos con el sonómetro se observa que el comportamiento de las mediciones se encuentra dentro de los límites permisibles que marca la NOM-011-STPS-2001. Por lo que no existen alteraciones que afecten al oído humano. Sin embargo, es importante mencionar que la música ambiental de la planta hace que se disparen notoriamente los resultados. Por esta razón se recomienda a la empresa tener un mejor control en el equipo de audio, para que en un futuro se sigan manteniendo estas condiciones.

Algo que se debe considerar para continuar con el proceso de mejora continua de la empresa, es implementar campañas de seguridad e higiene en el trabajo, abordando temas sobre el impacto que puede ocasionar el ruido en los operadores. Lo anterior con el objetivo de prestar más atención al tema de salud laboral.

Algunas recomendaciones para que la empresa pueda mejorar sus niveles de iluminación y ruido con base en la NOM-011-STPS-2001 y la NOM-025-STPS-2008 son:

1. Emplear la luz natural siempre que sea posible, puesto que constituye un elemento de bienestar en los trabajadores y provoca menor cansancio visual en el personal.
2. Al utilizar iluminación artificial, se deben elegir las lámparas más adecuadas teniendo en cuenta las características de la luminaria.
3. No utilizar sistemas o fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, de la profundidad o de la distancia entre objetos en la zona de trabajo, que produzcan una impresión visual de intermitencia o que puedan dar lugar a efectos estroboscópicos.
4. Se deberá realizar un mantenimiento periódico de las luminarias: limpieza de las mismas y sustitución de lámparas fuera de servicio.
5. Se debe de proteger al trabajador que labora en dicha empresa de todas las agresiones auditivas que puedan surgir durante el desempeño de su actividad, a fin de reducir daños en el operario.
6. Sustitución o adquisición de equipamiento y maquinaria con especificaciones más actuales que contribuya a reducir el ruido.
7. Realizar un tratamiento acústico de las superficies interiores de los lugares de trabajo (pisos, plafones y paredes).

8. Modificar las formas de operación de las maquinas que se utilizan, de manera que generen menores niveles de ruido.
9. Reordenar y redistribuir la fuente generadora de ruido.
10. Implementar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de las fuentes generadoras de ruido.
11. Informar a los operarios de todos los riesgos que pueden surgir a la exposición del ruido.

Referencias

1. Gonzalez, José (2014). Introducción a la ingeniería industrial. 1ª Edición. Alfaomega
2. Hernández, Gabriel. Mendoza, Juvenal. (2015). Fundamentos y planeación de la manufactura automatizada. Pearson.
3. López, Julian. Alarcón, Enrique. Rocha, Mario. (2014). Estudio del trabajo. Una nueva visión. Grupo Editorial Patria.
4. Jiménez, Bernabé. (2012). Prevención de riesgos laborales y medioambientales en el montaje y mantenimiento de instalaciones eléctricas. 1ª Edición. IC Editorial.
5. BK Precision 732. Instruction Manual. CE Sound Level Meter.
6. Orús, Mercedes. (2014). Estadística descriptiva e inferencial. Esquemas de teoría y problemas resultados. Editorial Lulu.com
7. Salmerón, Maria de G. (2015). Proyecto final de master en prevención de riesgos laborales: seguridad laboral, higiene industrial, ergonomía y psicología. Universidad de Almería, Repositorio Institucional. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10835/3176>
8. Villalpando, P. (2004). La evolución de la industria maquiladora en México. Recuperado de: http://www.web.facpya.uanl.mx/rev_in/Revistas/1.2/A10.pdf
9. Secretaría del trabajo y previsión Social. Recuperado de:
<http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-011.pdf>
<http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-025.pdf>

Helicóptero de papel como escenario de un diseño experimental Plackett-Burman

D. A. Balderas Puga^{1*}

¹Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Querétaro, Av. Tecnológico y Escobedo s/n, C.P. 76000, Querétaro, Qro., México

*billdavito@yahoo.com.mx

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

Este artículo expone algunos resultados del proyecto “Los diseños geométricos Plackett-Burman y su relación con los diseños factoriales fraccionados 2^{k-p} ”. El artículo muestra el análisis estadístico de los tiempos de vuelo de un helicóptero de papel. En el curso de Ingeniería de la Calidad los alumnos se integran en equipos de cuatro para la construcción de los helicópteros de acuerdo con el diseño experimental Plackett-Burman geométrico de ocho corridas. Los resultados corresponden al análisis de los tiempos obtenidos sólo por un equipo, para determinar los factores que influyen en el promedio del tiempo de vuelo.

Palabras clave: Diseños Plackett-Burman, helicóptero de papel, tiempos de vuelo, promedio.

Abstract

This paper presents some results of the project “Plackett-Burman geometrics designs and their relationship with the fractional factorial designs 2^{k-p} ”. This paper shows the statistical analysis of a paper helicopter flight times. In the course of Quality Engineering students are integrated into teams of four to construct the helicopters in accordance with the experimental design geometric Plackett-Burman eight runs. The results correspond to the analysis of the times obtained only by a team, to determine the factors that influence the average of the flight time.

I. Introducción

El análisis de los resultados de cualquier problema específico de diseño experimental ha estado ligado a los problemas propuestos en los múltiples textos de la disciplina como el de Hicks y Turner [1999]. La ejecución de cualquier diseño para generar los datos implica por lo general una empresa, debido a que ése no es el escenario más viable para los alumnos que cursan alguna asignatura ligada al diseño experimental, se pueden considerar algunas prácticas sugeridas por Anderson y Whitcomb [2000] o Sarin [1997] que no requieran a una empresa en particular.

Las prácticas sugeridas varían en empleo de recursos y alcance respecto al diseño posible de utilizar. El escenario elegido propone emplear un helicóptero de papel propuesto por Schdmidt y Launsby [1994]. El helicóptero de papel tiene gran versatilidad como práctica del diseño experimental porque se puede asociar desde un diseño de una sola vía hasta un diseño de superficies de respuesta. De hecho, el helicóptero de papel ha formado parte de los materiales de instrucción en Seis Sigma utilizados en empresas como General Electric y Mabe.

Por otra parte, la enseñanza de los diseños factoriales fraccionados incluye también a los diseños de Plackett-Burman [1946]. La desventaja de usar solamente diseños factoriales fraccionados para la depuración de un gran número de factores es que el número de corridas es siempre 2 o alguna potencia, es decir, $N = 2^{k-p} = 4, 8, 16, 32, 64, 128$, etc. Los diseños Plackett-Burman están basados en las matrices Hadamard que tienen más flexibilidad. El número de corridas en una matriz Hadamard es un múltiplo de 4, es decir, $N = 4, 8, 12, 16, 20$, etc. Cada columna contiene elementos que son 1 o -1 y todas las $N-1$ columnas están balanceadas y son ortogonales de par en par como lo muestra John [1971]. Plackett y Burman usan las matrices de Hadamard para sus diseños con el objeto de estudiar hasta $N-1$ factores en N corridas. Cuando el número de corridas en un diseño Plackett-Burman es $N = 2^{k-p}$, el diseño es referido como un diseño geométrico Plackett-Burman el

cual es esencialmente igual al fraccionado en dos niveles. Si construimos un diseño factorial fraccionado, multiplicamos las interacciones de orden par por (-1) y entonces permutamos los renglones y columnas, obtendríamos un diseño geométrico Plackett-Burman, un ejemplo es ilustrado por Balderas [2014]. Todos los demás diseños Plackett-Burman, tales como $N = 12, 20, 24, 28, 36, 40$, etc., son no-geométricos y tienen una estructura de confusión diferente de los efectos principales y las interacciones entre dos factores.

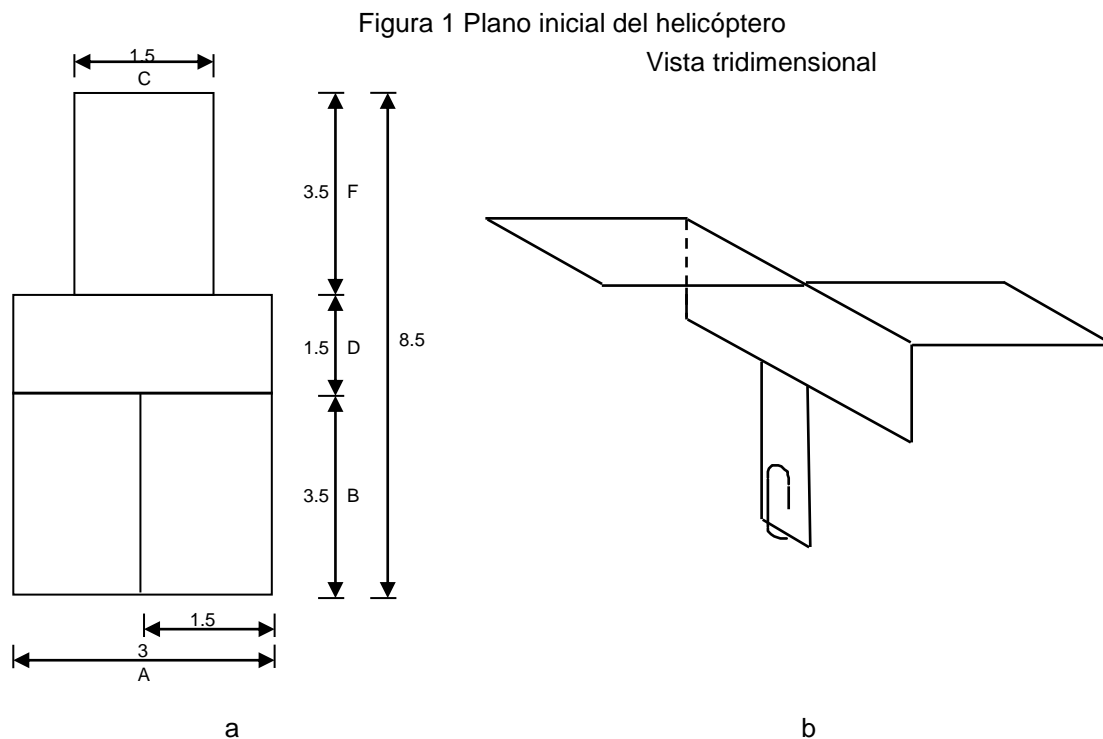
Barrentine [1999] presenta a los diseños Plackett-Burman desde la perspectiva de diseños geométricos y no geométricos. En los geométricos indica que los factoriales fraccionados y los Plackett-Burman son idénticos si se usa el número máximo de factores en el diseño lo que facilita su interpretación de acuerdo con el patrón de alias asociado. En los no geométricos, cuyo tamaño es un múltiplo de 4 pero no potencia de 2, indica que los diseños Plackett-Burman representan una contribución única a los diseños disponibles. Estos diseños no tienen una estructura completa de alias, cada efecto principal está parcialmente confundido con todas las interacciones que no contienen a este efecto principal; hecho que puede ser una ventaja o una desventaja dependiendo de la ausencia o presencia de interacciones. Además, presenta un caso de aplicación para un fabricante de papel con un diseño de tamaño $N = 8$.

Ryan [2007] indica que los diseños Plackett-Burman se pueden construir a partir del software Design-Expert hasta para un número de factores 11, 19, 23, 27 y 31. Minitab construirá los diseños Plackett-Burman para 12, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44 y 48 corridas, es decir, para un número de factores desde 2 hasta 47. De igual forma indica que el valor de estos diseños radica en que posiblemente proporcionan alternativas económicas a los diseños 2^{k-p} cuando las corridas son costosas.

En este trabajo se analiza estadísticamente los resultados obtenidos por uno de los nueve equipos que fueron integrados en la asignatura de Ingeniería de la Calidad. El problema radica en determinar los factores que afectan el promedio del tiempo de vuelo de un helicóptero de papel empleando las corridas propuestas por el diseño Plackett-Burman de ocho corridas.

II. Metodología

Se seleccionó la versión de construcción del helicóptero que forma parte del material de enseñanza en Seis Sigma de las empresas General Electric y Mabe, el cual se muestra en la Figura 1a (Todas las medidas están dadas en pulgadas).



Los alumnos de la asignatura Ingeniería de la Calidad trabajan como proyecto final, pero ejecutado conforme avanza el curso, el empleo del helicóptero de papel para aplicar todos los diseños que propone el curso. Todos

los equipos realizan el mismo diseño, pero en algunas fases tienen la libertad de elegir los factores y niveles de los mismos a utilizar. En la fase 6 de la unidad de diseños fraccionados 2^{k-p} , los equipos construyen cuatro helicópteros por cada combinación propuesta por el diseño Plackett-Burman de ocho corridas (la Figura 1b muestra el helicóptero listo para volar).

El orden de lanzamiento de los 32 helicópteros es aleatorio. Todos los helicópteros se dejan caer desde una altura de 2.4 metros. Uno de los integrantes tiene la función de lanzar y otro de medir el tiempo de vuelo de todos los helicópteros. Los resultados que muestra el trabajo corresponden a los obtenidos solamente por uno de los nueve equipos, de cuatro integrantes cada uno, que se formaron en el periodo febrero-junio de 2015.

El análisis estadístico de los datos es el propuesto por Barlett [8]. Para el análisis estadístico se crea a partir de las réplicas la columna de respuesta promedio con el objeto de determinar los factores que afectan al tiempo promedio de vuelo del helicóptero. Para tal respuesta se aplica su procedimiento específico con la ayuda de Excel y se compara con los resultados del análisis de varianza obtenido a través Minitab.

III. Resultados y discusión

Escenario Experimental: Un helicóptero de papel necesita incrementar el tiempo de vuelo. La respuesta fue el tiempo de vuelo, en segundos, medido desde su lanzamiento a 2.4 metros de altura hasta su contacto con el piso. Los siete factores considerados para su inclusión en el diseño de experimentos con los niveles en el orden bajo y alto se muestran a continuación. La Figura 2 muestra el lanzamiento del helicóptero.

- A: Longitud del ala 2" y 4"
- B: Largo del ala 2" y 5"
- C: Ancho de guía 1.25" y 1.75"
- D: Ancho de cabina 1.25" y 1.75"
- E: Número de clips 1 y 2
- F: Largo de guía 1.5" y 5.5"
- G: Tamaño del clip 3 y 1

Figura 2 Lanzamiento del helicóptero



Se eligió un diseño Plackett-Burman para el diseño de experimentos y se generaron cuatro réplicas para cada corrida. El objetivo es maximizar la respuesta. La matriz de diseño, los datos y la estructura de alias se muestran en la Tabla 1.

A	B	C	D	E	F	G	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄
+	-	-	+	-	+	+	0.80	1.00	1.1	1.1
+	+	-	-	+	-	+	2.10	2.10	2.3	2.2
+	+	+	-	-	+	-	2.10	2.10	2.4	2.3
-	+	+	+	-	-	+	1.90	2.30	2	2.1
+	-	+	+	+	-	-	1.00	1.10	1.4	1.3
-	+	-	+	+	+	-	1.50	1.60	1.6	1.7
-	-	+	-	+	+	+	0.80	0.70	0.9	0.9
-	-	-	-	-	-	-	1.30	1.40	1.2	1.4
(-BD)	(-AD)	(-AG)	(-AB)	(-AF)	(-AE)	(-AC)				
(-CG)	(-CE)	(-BE)	(-CF)	(-BC)	(-BG)	(-BF)				
(-EF)	(-FG)	(-DF)	(-EG)	(-DG)	(-CD)	(-DE)				

El proceso analítico inicia con la determinación del promedio de las réplicas para considerarlas como respuesta. La Tabla 2 muestra la nueva respuesta, los totales por nivel y promedios por nivel y la determinación del efecto para la respuesta "Promedio".

Corrida	A	B	C	D	E	F	G	De y ₁ a y ₄ Promedio
1	+	-	-	+	-	+	+	1.000
2	+	+	-	-	+	-	+	2.175
3	+	+	+	-	-	+	-	2.225
4	-	+	+	+	-	-	+	2.075
5	+	-	+	+	+	-	-	1.200
6	-	+	-	+	+	+	-	1.600
7	-	-	+	-	+	+	+	0.825
8	-	-	-	-	-	-	-	1.325
Suma \bar{y}_+	6.60000	8.07500	6.32500	5.87500	5.80000	5.65000	6.07500	
Suma \bar{y}_-	5.82500	4.35000	6.10000	6.55000	6.62500	6.77500	6.35000	
$\bar{y}_+ = \bar{y}_+ / 4$	1.65000	2.01875	1.58125	1.46875	1.45000	1.41250	1.51875	
$\bar{y}_- = \bar{y}_- / 4$	1.45625	1.08750	1.52500	1.63750	1.65625	1.69375	1.58750	
Efecto = $\bar{y}_+ - \bar{y}_-$	0.19375	0.93125	0.05625	-0.16875	-0.20625	-0.28125	-0.06875	

A partir del diagrama de Pareto (Figura 3) de los efectos factoriales para la respuesta "Promedio", el factor más dominante parece ser B y luego con similar influencia F, E, A y D.

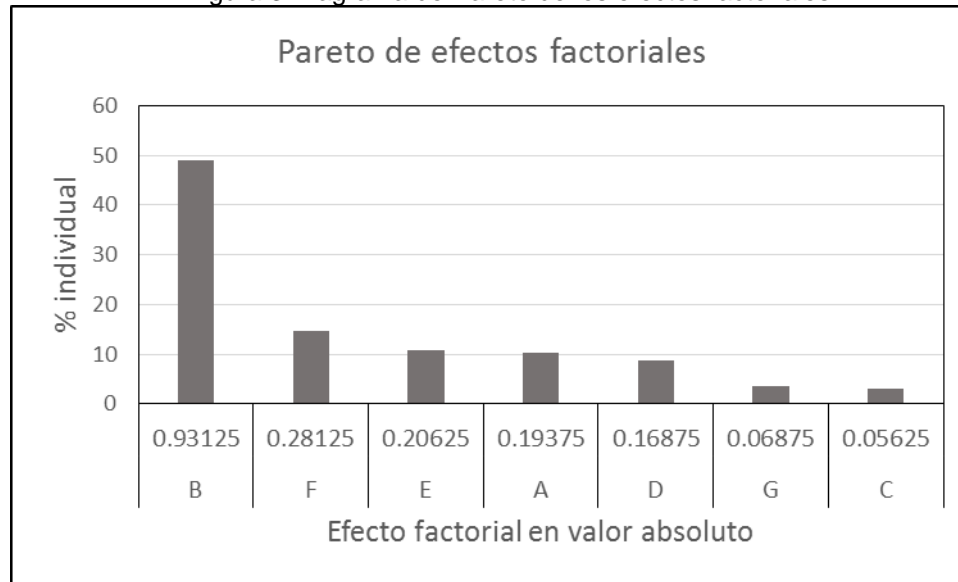
De la columna Varianza se obtiene la desviación estándar del experimento S_e

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{k}} = \sqrt{\frac{0.02 + 0.0092 + 0.0225 + 0.0292 + 0.0333 + 0.0067 + 0.0092 + 0.0092}{8}} = 0.13189$$

La desviación estándar de los efectos S_{eff} se obtiene de

$$S_{eff} = S_e * \sqrt{\frac{4}{N}} = 0.13189 * \sqrt{4/32} = 0.04663$$

Figura 3 Diagrama de Pareto de los efectos factoriales



Los grados de libertad se obtienen de, $df = (\text{número de réplicas} - 1) * (\text{número de corridas})$, en este caso $df = (4 - 1) * 8 = 24$. Así, el estadístico t para $\alpha = 0.05$ y $df = 24$ es 2.0638.

Los límites de decisión son $DL = \pm(t * S_{eff}) = \pm(2.0638 * 0.04663) = \pm 0.09624$

Con base en estos límites, los factores cuyos efectos están fuera del intervalo -0.09624 a 0.09624 son B = 0.931, F = -0.281, E = -0.206, A = 0.194 y D = -0.169; así los factores significativos son B largo del ala, F largo de guía, E número de clips, A longitud del ala y D ancho de cabina.

La salida de Minitab de la Tabla 3 muestra primero la obtención de las sumas de cuadrados para todos los factores y el análisis de varianza asociado. El valor p calculado para cada factor indica que sólo los factores C y G no son significativos. El resultado es idéntico al análisis propuesto por Barrentine [8].

Analysis of Variance for tiempos, using Adjusted SS for Tests						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	0.3003	0.3003	0.3003	17.26	0.000
B	1	6.9378	6.9378	6.9378	398.82	0.000
C	1	0.0253	0.0253	0.0253	1.46	0.239
D	1	0.2278	0.2278	0.2278	13.10	0.001
E	1	0.3403	0.3403	0.3403	19.56	0.000
F	1	0.6328	0.6328	0.6328	36.38	0.000
G	1	0.0378	0.0378	0.0378	2.17	0.153
Error	24	0.4175	0.4175	0.0174		
Total	31	8.9197				

Ya que el objetivo es maximizar el tiempo de vuelo del helicóptero, el modelo asociado es

$$y = \bar{y} + \left[\frac{E(B)}{2} \right] B + \left[\frac{E(F)}{2} \right] F + \left[\frac{E(E)}{2} \right] E + \left[\frac{E(A)}{2} \right] A + \left[\frac{E(D)}{2} \right] D$$

$$y = \bar{y} + \left[\frac{0.93125}{2} \right] B + \left[\frac{-0.28125}{2} \right] F + \left[\frac{-0.20625}{2} \right] E + \left[\frac{0.19375}{2} \right] A + \left[\frac{-0.16875}{2} \right] D$$

Los promedios por nivel de los factores significativos indican que deben ubicarse en los niveles B(+), F(-), E(-), A(+) y D(-). Si se reemplazan los niveles correspondientes, se predice el máximo tiempo de vuelo

$$y = 1.553 + 0.465625(1) - 0.140625(-1) - 0.103625(-1) + 0.096875(1) - 0.084375(-1) = 2.443325$$

La conclusion es que los factores B largo del ala, F largo de guía, E número de clips, A longitud del ala y D ancho de cabina pueden controlar el promedio del tiempo de vuelo mientras que los otros factores pueden ubicarse en los niveles más económicos o convenientes ya que no aparecen como influyentes.

¿Qué hay respecto al riesgo de confusión? La Tabla 4 resume el patrón de alias para los factores significativos que afectan al promedio.

Tabla 4

A	B	D	E	F	
-BD	-AD	-AB	-AF	AE	Esta tabla sugeriría que los efectos principales podrían ser interacciones. Antes de entrar en pánico habría que considerar las dos características críticas de <i>herencia</i> y <i>dispersidad</i> . Estas reglas, aunque no lo garantizan, establecen de acuerdo con la experiencia que efectos principales grandes con frecuencia tienen interacciones grandes y que los efectos principales <i>usualmente</i> son más grandes que sus interacciones.
-CG	-CE	-CF	-BC	BG	
-EF	-FG	-EG	-DG	CD	

Todos los factores están conceptualmente asociados con al menos una interacción donde los dos factores que participan son significativos. Un diseño adicional de menor fraccionamiento como el 2⁵⁻¹ o incluso un 2⁵ completo con una réplica podría revelar si las interacciones sospechosas son realmente importantes.

IV. Conclusiones

Se ha mostrado como se utilizó el escenario genérico de la construcción de helicópteros de acuerdo con el diseño Plackett-Burman. Se analiza tal situación experimental como una fase del proyecto final en el curso de Ingeniería de la Calidad. A través del proceso analítico correspondiente, con ayuda de Excel y su comparación con Minitab, se tamiza el número inicial de factores y se obtienen conclusiones preliminares. De igual forma se ha mostrado que las réplicas del diseño experimental se transforman en una respuesta auxiliar, el promedio, para determinar los factores que afectan al promedio. Las implicaciones de los resultados obtenidos indican que podría ser necesario un diseño experimental adicional para clarificar la asociación de los factores significativos con algunas interacciones. Es importante señalar que el uso de helicópteros de papel es una estrategia muy versátil pues se puede ajustar para llevar a cabo otro tipo de diseño experimental, ya sea completo o fraccionado.

Además es valioso mencionar el impacto entre los alumnos del empleo de helicópteros de papel, para aplicar los diferentes diseños que se revisan en el curso de Ingeniería de la Calidad. El espíritu de equipo se fortalece desde la construcción hasta el análisis de los datos obtenidos. Resulta divertido observar que para ellos tal actividad no sólo representa un requisito del curso, sino también una oportunidad para dar rienda suelta a su creatividad cuando se formula el desafío de encontrar el mejor helicóptero y competir entre ellos.

Agradecimientos

Agradezco a mis alumnos Itzel León Hernández, Ana Yazmín Ortiz Guerrero, María Juana Pacheco Zúñiga y José Ignacio Mandujano Martínez el haberme permitido emplear sus datos obtenidos en la fase 6 del proyecto final.

Referencias

- Hicks, Charles R. and Kenneth V. Turner Jr. (1999). *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*. Fifth Ed., Oxford University Press.

-
2. Anderson, Mark and Patrick Whitcomb (2000). *DOE Simplified Practical Tools for Effective Experimentation*. Productivity, Inc.
 3. Sanjiv Sarin (1997). "Teaching Taguchi's Approach to Parameter Design", *Quality Progress* (30) No.5, 102-106.
 4. Schmdidt, Stephen R. and Robert G. Launsby (1994). *Understanding Industrial Experiments*. Air Academy Press.
 5. Plackett, R. L. and J. P. Burman (1946), "The Design of Optimum Multifactorial Experiments", *Biometrika*, (33), 305-325.
 6. John, Peter W. M. (1971). *Statistical Design and Analysis of Experiments*. MacMillan Publishing Company, New York.
 7. Balderas Puga, D. A. (2014). "¿Es el diseño Plackett-Burman para $N = 16$ un diseño factorial fraccionado 2^{15-11} ?", *Coloquio de Investigación Multidisciplinaria*, Orizaba, Ver. 350-358.
 8. Barrentine, Larry B. (1999). *An Introduction to Design of Experiments: A Simplified Approach*. ASQ.
 9. Ryan, Thomas P. (2007). *Modern Experimental Design*. Wiley-Interscience.

Optimización de Tiempos y Movimientos en el Vaciado de SiMn en la Compañía Minera Autlán

J. Rivera Flores^{1*}

¹Responsable de Cuerpo Académico "Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos", Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II s/n Aire Libre C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México

*jorge.rivera@itsteziutlan.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

En el siguiente trabajo, se muestra el procedimiento seguido para en análisis de los tiempos y movimientos al analizar las cargas de trabajo de los obreros involucrados en el vaciado de Silicomanganeso 62/65 de los hornos de arco eléctrico sumergido de la compañía Minera Autlán, S.A.B. de C.V., en base a la metodología que establece la ingeniería de métodos y medición del trabajo, con el objetivo de detectar los tiempos muertos, y poder reasignar las operaciones generando una propuesta que incremente la productividad laboral. Dicho análisis surge como resultado de un convenio de colaboración entre el Instituto Tecnológico de Teziutlán y la Compañía Minera con la finalidad de que dicho estudio fuera realizado por un tercero no dando tendencias a la gerencia o al sindicato de trabajadores durante la evaluación de las cargas de trabajo.

Palabras Clave: *Tiempos y Movimientos, Horno de Arco Eléctrico, Productividad, Fundición.*

Introducción

Compañía Minera Autlán S.A.B. de C.V. es una empresa mexicana que forma parte de Grupo Ferrominero (GFM), comprometida con el desarrollo de México por medio de la producción y comercialización de diversas clases de minerales de manganeso y ferroaleaciones. Desde su fundación en 1953, ha logrado un gran reconocimiento a nivel mundial por la calidad y especialización de sus productos, la unidad de sus empleados y sobre todo por el trato personalizado con sus clientes. La Planta Teziutlán tiene sus orígenes como empresa de ferroaleaciones en 1950 cuando comenzó a producir ferromanganeso al alto carbón. En 1973, como base para su integración vertical, Minera Autlán adquirió esta planta, llamada entonces "Ferroaleaciones Teziutlán", la cual se encuentra localizada en el Estado de Puebla, sometiéndola a un proceso de modernización, convirtiéndose así en una importante proveedora de ferroaleaciones en México. (Autlán, 2013)

Actualmente la planta Teziutlán cuenta con cuatro hornos eléctricos de arco sumergido "Tipo Abierto" en donde se produce SILICOMANGANESO 62/65 que al ser mezclado con ferroaleación le otorgan propiedades metalúrgicas especiales que lo hace muy popular con las acerías no integradas, en donde el silicio se aprovecha como agente desoxidante. Sus aplicaciones más comunes se encuentran en los aceros para la fabricación de tubos, perfil estructural, varilla corrugada, lámina rodada en caliente, y placa. (Bhardwaj, 2014)

Minera Autlán planta Teziutlán, ha experimentado cambios constantes en donde pone de énfasis la mejora continua de sus procesos con la garantía de que el SILICOMANGANESO fundido, cumpla con las características de calidad adecuadas que satisfagan las necesidades de sus clientes principalmente acereros. En el afán de poder optimizar tanto sus procesos productivos como administrativos, la compañía Minera Autlán, planta Teziutlán ha firmado un convenio de colaboración con el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, por medio del cual se logren beneficios bilaterales. En el siguiente resumen, se presenta el procedimiento y los resultados obtenidos al analizar las cargas de trabajo del personal involucrado directamente con el vaciado de silicomanganeso de los hornos de minera Autlán, específicamente en el área de moldeo.

Antecedentes

George Kanawaty recalca que el Estudio del trabajo se compone de dos técnicas que son el estudio de métodos y la medición del trabajo. El estudio de métodos (Estudio de Movimientos) se relaciona con la reducción del

contenido de trabajo de una tarea u operación. En cambio, la medición del trabajo (Estudio de Tiempos) se relaciona con la investigación de cualquier tiempo improductivo asociado con ésta, y con la consecuente determinación de normas de tiempo para ejecutar la operación de una manera mejorada, tal como ha sido determinada por el estudio de métodos. (Kanawaty, 1996)

En su obra titulada “Estudio de Movimientos para la Manufactura Ágil”, Meyers menciona que la manufactura ágil tiene por objetivo que todo el personal involucrado en el proceso de producción debe estar enfocado a eliminar todo tipo de desperdicios, la meta es aprovechar los recursos dando a los empleados de producción las mejores herramientas disponibles. Los estudios de tiempos son técnicas enfocadas a agilizar las cargas de trabajo con la finalidad de reducir costos innecesarios y balancear las celdas de trabajo. (Meyer, 2000).

Ruvalcaba enfatiza que para establecer un estándar de tiempo permisible a una tarea determinada, se utiliza el estudio de tiempos que se basa en la medición del contenido de trabajo del método seleccionado, con la debida consideración de fatiga, las demoras personales y los retrasos inevitables. (Sánchez, 2004)

En el 2010 la Compañía Minera Autlán planta Teziutlán, implementó un nuevo método de moldeo de Silicomanganeso con la finalidad de ser más rentable y con el objetivo de reducir la generación de finos o material pulverizado que aún podría ser aprovechado. Aquel método y que actualmente sigue en vigencia, fue el de adaptar un carrito de moldeo móvil que contuviera Arena Sílica y Silicato, una prensa moldeadora para la arena, un horno de secado y un malacate con velocidad variable. Antes de realizar estos cambios al proceso de moldeo, las actividades eran llevadas a cabo por 3 personas: Oficial de operación A, oficial de operación B1 y oficial de operación B2. Al realizar dicha modificación a la zona de moldeo, se requirió más fuerza de trabajo, asignándose dos obreros de operación más con el fin de abastecer la nueva tarea. Con el paso del tiempo, el equipo de trabajo adquirió habilidad y la gerencia notó que algunas operaciones fueron delegadas por los 3 oficiales de operación originales hacia los 2 obreros de operación adicionales. Debido a esto la Compañía Minera Autlán se da a la tarea de solicitar apoyo al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, con el fin de evaluar si el personal que está directamente involucrado en la operación de moldeo es el necesario. Es a partir de aquí que el ITST forma un equipo de trabajo comandado por dos docentes y 15 alumnos pertenecientes todos a la carrera de ingeniería industrial en donde a través de un estudio de tiempo y movimientos analizan las cargas de trabajo asignadas a las 5 personas que están directamente en el área de moldeo, los tres turnos y de los cuatro hornos durante 10 días, con el fin de determinar si el personal actual es el necesario o no.

Metodología

La metodología utilizada fue la Medición del trabajo a través de la técnica del estudio de tiempos por cronómetro, que sirvió como guía para el análisis de las cargas de trabajo, detectando los tiempos muertos.

I. Preparación

a. Selección de la Operación

Las operaciones a analizar fueron las del área de vaciado y moldeo de silicomanganeso ya que este es el proceso principal y de mayor importancia en la planta y en el que actualmente se detectan bajos rendimientos a través de tiempos muertos excesivos.

b. Selección de los Trabajadores

Para poder tomar muestras representativas de las actividades de cada uno de los operadores involucrados en el proceso de moldeo de la planta de minera Autlán, se evaluaron 10 días en los 3 turnos a los Hornos 5, 6, 7 y 8. Se muestra el nombre y categorías de los trabajadores evaluados, con el fin de poder identificarlos durante el estudio y muestreo.

- Oficial De Operación A
- Oficial De Operación “B” 1
- Oficial De Operación “B” 2
- Obrero De Operación “Apoyo Del Horno 7”

- Obrero De Operación

c. Actitud frente al trabajador

Como se mencionó en la introducción, tanto la gerencia como el sindicato necesitaban realizar un análisis de las cargas de trabajo las cuales fueran realizadas por un tercero; por lo cual las dos partes estaban en común acuerdo de cooperar para que los alumnos analistas del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, realizaran el estudio, tomando los tiempos y movimientos que el personal de área de moldeo realizaría.

d. Análisis de la comprobación del método de trabajo

Se revisaron los manuales de procedimientos e instructivos de trabajo y se detectaron algunos cambios en las operaciones ya que se encontró que unos miembros del equipo de trabajo hacían más tareas de las que les correspondían, teniendo como un primer indicio un desbalance de las cargas de trabajo.

II. Ejecución del Estudio de Tiempos

a. Obtener y Registrar la Información

En este punto se revisó todo lo concerniente a las operaciones de moldeo las cuales involucró revisar cada uno de los siguientes aspectos. Objeto de la operación, Tolerancias y especificaciones, Materiales, Proceso de manufactura, Preparación de herramientas y patrones, Condiciones de trabajo, Manejo de materiales, Distribución de máquinas, equipo y el Principio de economía de movimientos.

b. División de la Operación en Elementos

Pérez Ramos sugiere una plantilla en Excel la cual es una modificación de los formatos sugeridos por el Autor Criollo; por lo tanto en este estudio se diseñó una hoja de Excel la cual contiene la secuencia de operaciones que siguen los trabajadores. En la tabla 1 del lado izquierdo (Recuadro Azul) se presentan las operaciones del oficial de operación A. (Ramos, 2012)

c. Medición del Tiempo

Una vez que se ha registrado toda la información general y la referente al método normalizado de trabajo, la siguiente fase consiste en medir el tiempo de la operación, tarea a la que comúnmente se le llama cronometraje, para lo cual se muestran los tiempos de las actividades que los operadores realizan durante el turno. (Recuadro Rojo).

Tabla 1. Formato Concentrador de Toma de Muestras Para el Cálculo de los Tiempos Estándar.

ESTUDIO DE TIEMPOS ESTANDAR																	
DEPARTAMENTO: Producción				CATEGORIA: Oficial de Operación A				FECHA: 11-Dic-2012									
NOMBRE DEL PROCESO: Destapar y Tapar boca del horno				NOMBRE DEL OPERADOR: Nicolás Tirado				HOJA: 1 DE 1									
HORNO: 5				NOMBRE DEL OPERADOR: Faustino Belén Hernández													
TURNO: 1 ^a , 2 ^a y 3 ^a				NOMBRE DEL OPERADOR: Efraín Lorenzo Trujillo													
DIAS QUE APLICA: Lunes a Viernes				ANALISTAS: Ibis del Rocío Balderabano Ramirez													
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN: 26.44 Tons / Día				ANALISTAS: Angélica Pérez García													
KW/DIA/HRA: 8835				REVISO: Mauricio Hernandez Sanchez													
				AUTORIZO:													
Desglose de los Elementos de la Operación			Simbolo	Distancia (mts)	Tiempo de Cronómetro										Prom	% Efic	T. NORM
NO	Elemento	PRIMER TURNO			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1ra. Vaciada																	
1	Ponerse eq. de seguridad (polainas, mandil, chamarra de asbesto, toalla, casco, lentes, guantes) Inspeccionar el estado de la herramienta y prepararla en estación de trabajo (picador, tapador y pata).		○		0:07:50	0:07:24	0:08:05	0:04:29	0:07:26	0:07:26	0:06:08	0:06:03	0:06:41	0:06:51	0:06:50	82%	0:05:36
2	Picar tapón de la boca del horno con picador (con ayuda del oficial de operación B)		○		0:06:38	0:05:12	0:04:12	0:06:40	0:06:38	0:06:40	0:06:38	0:05:04	0:05:32	0:02:06	0:05:32	87%	0:04:49
3	Picar tapón de la boca del horno con varilla (con ayuda del oficial de operación B)		○		0:02:59	0:03:29	0:03:15	0:04:57	0:04:08	0:04:02	0:05:58	0:04:08	0:04:02	0:05:56	0:04:18	78%	0:03:21
4	Remover escoria de la boca del horno utilizando el tapador		○		0:06:47	0:04:08	0:04:02	0:05:58	0:04:32	0:04:20	0:06:47	0:04:08	0:04:02	0:05:58	0:05:04	79%	0:04:00
5	Trabajos de vaciado		○		0:02:20	0:02:01	0:04:59	0:02:09	0:03:00	0:06:04	0:01:45	0:03:02	0:04:25	0:07:43	0:03:45	70%	0:02:37
6	Tapar horno con tapador (con ayuda del oficial de operación B)		○		0:05:28	0:04:18	0:04:00	0:05:17	0:03:29	0:06:45	0:04:13	0:03:16	0:05:58	0:06:35	0:04:56	76%	0:03:45
7	Quitarse eq. de seguridad (mandil, chamarra de asbesto, toalla, lentes, guantes)		○		0:00:42	0:01:05	0:01:02	0:01:26	0:01:05	0:01:15	0:01:45	0:01:04	0:01:26	0:01:01	0:01:11	100%	0:01:11
8	Patanquear con el picador para descostrar canal		○		0:05:02	0:07:08	0:05:02	0:07:37	0:09:11	0:10:09	0:09:46	0:06:37	0:07:39	0:09:17	0:07:45	78%	0:06:03
9	Ll por arena al arenero lado norte y llevarla al canal del horno boca sur		⇒	40.67	0:04:00	0:07:57	0:05:05	0:06:59	0:04:32	0:05:14	0:06:59	0:04:32	0:05:14	0:04:32	0:05:30	77%	0:04:14
10	Areglar canal con el madero		○		0:09:48	0:08:37	0:13:58	0:06:20	0:08:34	0:15:00	0:17:47	0:19:24	0:08:37	0:08:34	0:11:40	76%	0:08:45
11	Hacer boltes de barro		○		0:03:35	0:03:35	0:03:35	0:03:35	0:03:35	0:03:35	0:03:35	0:03:35	0:03:35	0:03:35	0:03:35	100%	0:03:35
12	Agregar arena-escoria a fosas de escoria		○		0:13:26	0:06:16	0:06:33	0:05:14	0:04:16	0:06:16	0:06:33	0:04:16	0:06:16	0:06:33	0:06:34	80%	0:05:15
TOTAL													0:53:12				

d. Calcular el tiempo observado

En este punto se calcularon los tiempos promedio de cada movimiento o elemento, mismo que se muestra en el recuadro amarillo de la tabla 1.

III. Valoración

La valoración del ritmo de trabajo y los suplementos son los dos temas más discutidos en el estudio de tiempos; Rosales en su tesis denominada “Estandarización de los Tiempos del Sistema de Manejo de Mineral en la Planta de Concentración De Mineral De CVG Ferrominera Orinoco C.A.” sugiere se utilice el método de calificación de la actuación Westinghouse mismo que se detalla en el libro de Niebel. (Rosales, 2011) Para este estudio calculará la calificación de la actuación para cada operador de acuerdo al método sugerido por Westinghouse tal y como lo muestra la tabla siguiente:

Tabla 2. Sistema de Calificación de la Actuación (Niebel, 2013).

HABILIDAD			ESFUERZO			
A	Habilísimo	+0.15	A	Excesivo	+0.15	<i>Habilidad.</i> Es la eficiencia para seguir un método dado no sujeto a variación por voluntad del operador.
B	Excelente	+0.10	B	Excelente	+0.10	
C	Bueno	+0.05	C	Bueno	+0.05	<i>Esfuerzo.</i> Es la voluntad de trabajar, controlable por el operador dentro de los límites impuestos por la habilidad.
D	Medio	0.00	D	Medio	0.00	
E	Regular	-0.05	E	Regular	-0.05	
F	Malo	-0.10	F	Malo	-0.10	<i>Condiciones.</i> Son aquellas condiciones (luz, ventilación, calor) que afectan únicamente al operario y no aquellas que afectan la operación.
G	Torpe	-0.15	G	Torpe	-0.15	
CONDICIONES			CONSISTENCIA			
A	Buena	+0.05	A	Buena	+0.05	<i>Consistencia.</i> Son los valores de tiempo que realiza el operador que se repiten en forma constante o inconstante.
B	Media	0.00	B	Media	0.00	
C	Mala	-0.05	C	Mala	-0.05	

Dichos porcentajes se muestran en el recuadro de eficiencia en la tabla número 1 señalado con un color verde.

a. Cálculo del tiempo Normal

El tiempo normal se obtiene multiplicando el tiempo promedio por el porcentaje de eficiencia cuyo cálculo aparece en el recuadro morado, en donde al final de la columna se suma este tiempo contabilizando el tiempo total que le tomaría realizar el total de actividades de la primer vaciada durante el primer turno, dando un total de 53:07 minutos.

IV. Cálculo de los suplementos.

Una vez calculado el tiempo normal, es necesario considerar los suplementos originados por el cansancio natural de los trabajos de fundición, para eso se tomó como base la recomendada por Zurita y que parte como base de la metodología utilizada por el Instituto de administración Científica de las Empresas en su Sistema de suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales cuya tabla se muestra a continuación.

Tabla 3. Tabla de Suplementos para Descanso y Necesidades Personales (Zurita, 2014)

Instituto De Administración Científica de las Empresas Curso de “Técnicas de Organización” Ejemplo de un sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales					
Suplemento	Hombre	Mujer	Suplemento	Hombres	Mujeres
1. Suplementos constantes			E. condiciones Atmosféricas		
• Suplementos por necesidades personales			(calor y humedad)		
• Suplementos por fatiga	5	7	Índice de enfriamiento en el termómetro		
2. Suplementos variables			Húmedo de –Suplemento		
A. Suplemento por trabajar de pie	4	4	Kata (milicalorías/cm ² /segundo)		
B. Suplemento por postura anormal	2	4	16	0	
• Ligeramente incomoda			14	0	
• Incomoda (inclinado)			12	0	
Muy incómoda (echado, estirado)	0	1	10	3	
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar o empujar)			8	10	
Peso levantado por kg.	2	3	6	21	
• 2,5			5	31	
• 5			4	45	
• 7,5			3	64	
• 10			2	100	
• 12,5	0	1	F. Concentración intensa		
• 15	1	2	• Trabajos de cierta precisión	0	0
• 17,5	2	3	• Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
• 20	3	4	• Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
• 22,5	4	6	G. Ruido		
• 25	5	8	• Continuo	0	
• 30	7	10	• Intermitente y fuerte	2	0
• 33,5	9	13	• Intermitente y muy fuerte	5	2
D. Mala iluminación	11	16	• Estridente y fuerte	7	5
• Ligeramente por debajo de la potencia calculada	13	20 (max)	H. Tensión mental		
• Bastante por debajo	17	-	• Proceso bastante complejo	1	7
• Absolutamente insuficiente	22	-	• Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	1
	0	0	• Muy complejo	8	4
	2	2	I. Monotonía		
	5	5	• Trabajo algo monótono	0	8
			• Trabajo bastante monótono	1	
			• Trabajo muy monótono		
			J. Tedio		
			• Trabajo algo aburrido	4	
			• Trabajo aburrido		
			Trabajo muy aburrido	0	
				2	

Se presenta el resumen del cálculo suplementos de los trabajadores.

Tabla 4. Resumen de Suplementos por Operador, Turno y por Horno

Suplementos	Operador A (H 5,6,7 y 8) y B1 (Tinero) H5 y 6, Ayudante 7 y 8			
	Turno 1°	Turno 2°	Tarifa Horaria	Turno 3°
Suplemento por necesidades personales	5%	5%	5%	5%
Suplemento base por fatigas	4%	4%	4%	4%
Suplementos por trabajar de pie	2%	2%	2%	2%
Uso de energía o fuerza muscular	1%	1%	1%	1%
Iluminación	0%	0%	2%	2%
Condiciones atmosféricas	10%	10%	3%	10%
Concentración intensa (trabajo de gran precisión o muy fatigoso)	5%	5%	2%	5%
Ruido (intermitente y fuerte)	2%	2%	2%	2%
Tensión mental (proceso complejo)	4%	4%	4%	4%
Total	33%	33%	25%	35%
			29%	

V. Cálculo del Tiempo Estándar.

El tiempo tipo o estándar es el tiempo que se concede para efectuar una tarea. En él están incluidos los tiempos de los elementos cíclicos (repetitivos, constantes, variables), así como los elementos casuales o contingentes que fueron observados durante el estudio de tiempos. A estos tiempos ya valorados se les agregan los suplementos siguientes: personales, por fatiga y especiales, dando como resultado un tiempo de 4 horas 19 minutos con 42 segundos. En el siguiente gráfico se muestra el resumen de tiempos durante el turno.

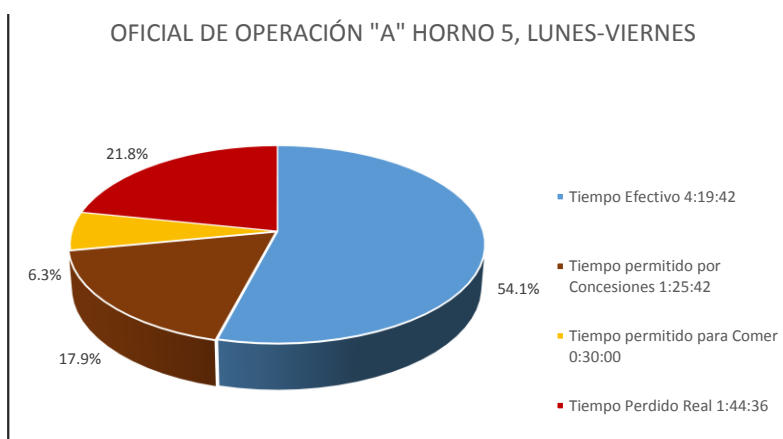


Figura 1. Porcentajes de Tiempo Durante un Turno

Resignación de Operaciones

Una vez tomados los registros de cada uno de los operadores se pasaron a vaciar los datos en un diagrama de Gantt, con ayuda del software Project.

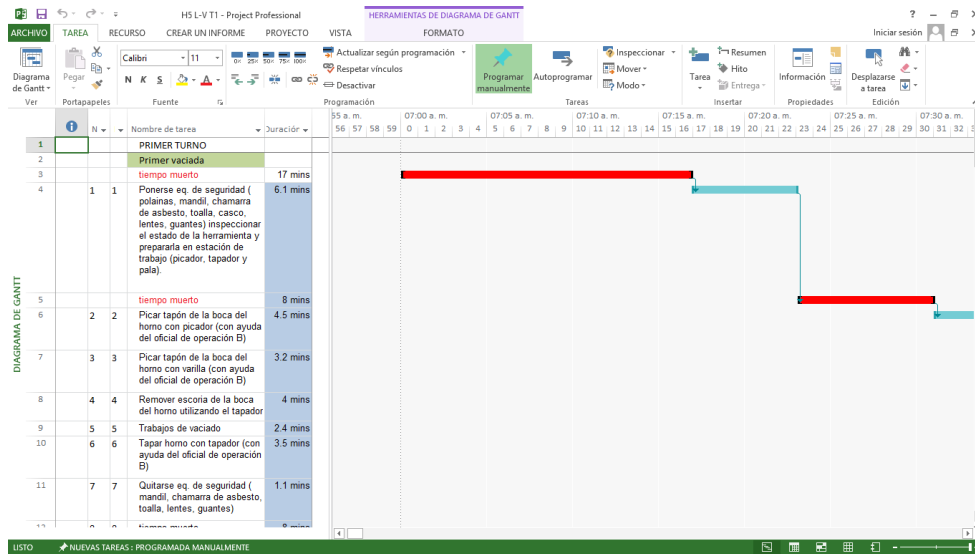


Figura 2. Diagrama de Gantt de las Actividades Durante el Turno

En esta nueva propuesta a través de un análisis de las operaciones realizadas y considerando los tiempos perdidos, se consideró eliminar a un ayudante mostrado los resúmenes de los dos gráficos.

TIEMPO TRABAJADO		
Horno	H5	
Turno	PRIMERO	
Días que aplica	LUNES A DOMINGO	
CATEGORÍA	HOY	PROYECTADO
Oficial de Operación A	04:19	05:38
Oficial de Operación B1	03:36	05:12
Oficial de Operación B2	04:28	05:22
Obrero de Operación	04:29	05:13
Obrero de Operación	04:29	05:13
TOTAL	21:22	21:25

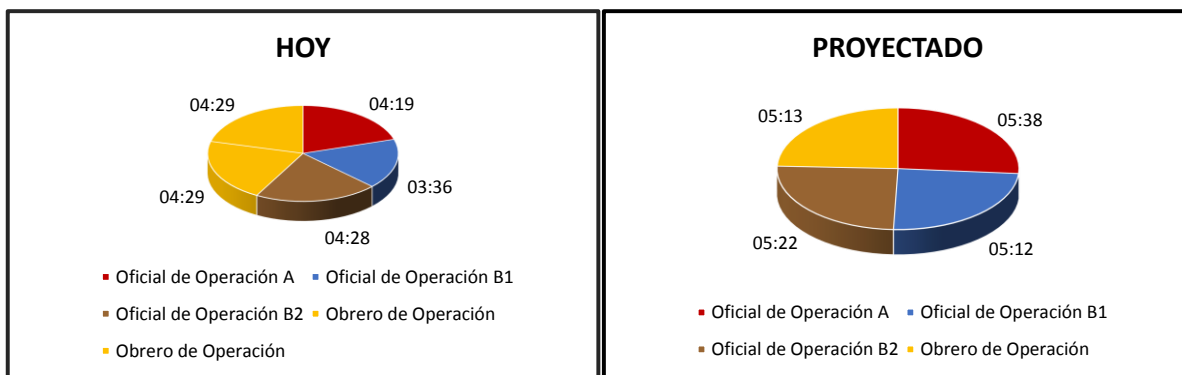


Figura 3. Gráficos mostrado el antes y el después de la distribución de operaciones como equipo de trabajo

Conclusión

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que el método actual que incluye un equipo de trabajo para el horno 5 y 6 de 5 personas y para el horno 7 de 6 personas, registran tiempos muertos de más de 8 horas por turno y horno de forma sumatoria, por lo que es posible distribuir las actividades en equipos con una persona menos, quedando de la siguiente manera:

- Horno 5: 3 Oficiales de Operación y un obrero de operación (apoyo), Total: 4 personas
- Horno 6: 3 Oficiales de Operación y un obrero de operación (apoyo), Total: 4 personas
- Horno 7: 3 Oficiales de Operación, un obrero de operación (apoyo) y ayudante del horno, Total: 5 personas

De acuerdo a los resultados obtenidos y mostrados en el contenido de este resumen se observa que 9 obreros de operación no deben considerarse en la fuerza de trabajo de la actividad de moldeo en el área de producción.

Bibliografía

Autlán, M. (15 de 08 de 2013). *Minera Autlán*. Obtenido de <http://www.autlan.com.mx/#/tezu>

Kanawaty, G. (1996). *Introducción al Estudio del Trabajo*. México: Limusa.

Meyer, F. E. (2000). *Estudio de Tiempos y Movimientos*. México: Prentice Hall.

Niebel, B. (2013). *Niebel's Methods, Standards, & Work Design*. Pennsylvania: Alfaomega.

Ramos, S. S. (Agosto de 2012). Estudio de Tiempos y Movimientos para la Empresa Chao. Xalapa, Veracruz.

Rosales, A. (02 de 2011). Estandarización de los tiempos del sistema de manejo de mineral en la Planta de Concentración de Mineral de CVG Ferrominera Orinoco C.A., ubicada en Ciudad Piar, Estado Bolívar. Bolívar, Bolívar, Venezuela.

Sánchez, M. L. (2004). Propuesta de Instrumento de Valoración de Tiempos . *Conciencia Tecnológica*.

Diseño de un dosificador para controlar el flujo granular en una tolva de almacenamiento

J. E. Valtierra Olivares^{1*}, B. L. Vargas Rodríguez¹, E. A. Ruelas Santoyo¹, R. Armenta, Villanueva¹ y B. J. Razo Razo¹

¹Departamento de Maestría en Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Carretera Irapuato-Silao Kilómetro 12.5, C.P. 36500, Irapuato Guanajuato, México

*jovaltierra@itesi.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

Se diseña un dosificador para la controlar la presión de salida del flujo granular de una tolva de almacenamiento, con el objetivo de reducir y controlar la variación de peso en el proceso de envasado de granos en una empresa alimenticia. Este dosificador tiene la función de reducir la presión se salida del grano de la tolva hacia los componentes de la máquina envasadora, otra función es mantener un flujo granular contante para eliminar el tiempo de espera de llenado de la tolva de almacenamiento cada hora. Se utiliza el programa SolidWorks para el diseño (CAD), el análisis (CAE) y la manufactura (CAM) del dosificador. Se realiza un prototipo de prueba del dosificador para evaluar su desempeño en el área de producción. Los resultados muestran una reducción en la presión del flujo granula, una reducción en la variación del peso de las bolsas, y la eliminación del tiempo de espera en el llenado de la tolva de almacenamiento cada hora.

Palabras clave: CAD/CAE/CAM, Flujo granular, Diseño y Control estadístico del proceso.

Abstract

A dispenser is designed for controlling the output pressure of the flow of a granular storage hopper, in order to reduce and control the weight variation of the packaging process in a food company grains. This dispenser has the function of reducing the output pressure bead hopper toward the components of the packaging machine, another function is to maintain a constant flow to remove granular timeout filled storage hopper every hour. SolidWorks software for design (CAD), analysis (CAE) and manufacturing (CAM) of the dispenser is used. A prototype test of the metering is performed to evaluate their performance in the production area. The results show a reduction in pressure of the granulate flow, reduced weight variation of the bags, and the elimination of waiting time in filling storage hopper every hour.

Introducción

A lo largo de la historia de la ingeniería, el proceso de diseño han sufrido cambios que están ligados al desarrollo tecnológico, de tal manera que se ha pasado de la mesa de dibujo a la creación de prototipos realizados en programas de dibujo conocidos como diseño asistido por computadora (CAD), estos permiten crear modelos en 3D los cuales pueden ser sometidos mediante simulación a condiciones de presión, temperatura y movimiento mediante la ingeniería asistida por computadora (CAE), la cual ponen a prueba las propiedades físicas y las características del diseño, permitiendo mejorar este antes de su fabricación lo cual disminuye significativamente los costos del proyecto. La herramienta conocida como manufactura asistida por computadora (CAM), viene a complementar a las dos anteriores permitiendo la construcción de los diseños hechos en CAD y avalados por CAE.

La materia granular, en ocasiones puede parecerse en su comportamiento a un sólido, a un líquido o a un gas. Sin embargo el parecido nunca es exacto. Al igual que los líquidos, los medios granulares adoptaron la forma del recipiente que los contiene, pero como los sólidos pueden adoptar diferentes formas cuando no están encerrados. Del mismo modo, es posible hacer fluir un medio granular por una tubería como si de un líquido se tratara, pero la presión en un medio granular no puede explicarse recurriendo al concepto de la presión hidrostática propia de los fluidos. El motivo es que los arcos que se forman entre las partículas distribuyen parte

de las fuerzas hacia las paredes del recipiente. Cuando la concentración de granos es baja y estos tienen elevada la energía cinética, el medio granular se puede asemejar a un gas. Pero existen grandes diferencias en la dinámica de ambos porque un gas granular es fuertemente disipativo. Por todo ello, algunos autores consideran que nos encontramos ante un nuevo estado de la materia. Zuriguel [2005].

Uno de los fenómenos más sorprendentes en los medios granulares son los atascos, esto es de suma importancia para la industria. El motivo es que en numerosas ocasiones los procesos industriales en los que se maneja la materia granular se detiene por los atascos. Una de las características inherentes a todo medio granular es su capacidad para formar arcos, también llamados puentes o bóvedas. Se pueden definir un arco como un conjunto de partículas estructuradas especialmente de tal modo que se sostienen entre sí.

La empresa se dedica al envasado de granos como arroz, frijol, garbanzos y lentejas, en diferentes presentaciones. El proceso comienza con el llenado de la tolva de almacenamiento con el grano, esta a su vez descarga el grano en la máquina envasadora la cual mediante vasos volumétricos determina el peso de las bolsas de granos, después de empaquetar y son enviadas a los clientes. En la Figura 1 (A), se muestra la tolva de almacenamiento con una capacidad de 4 toneladas; en la Figura (B), se muestra el tubo de descarga de la tolva; en la Figura 1 (C), se observa el cono de la máquina envasadora; en la Figura 1 (D), se muestra la máquina envasadora y en la Figura (E), se muestra una bolsa con grano de frijol.

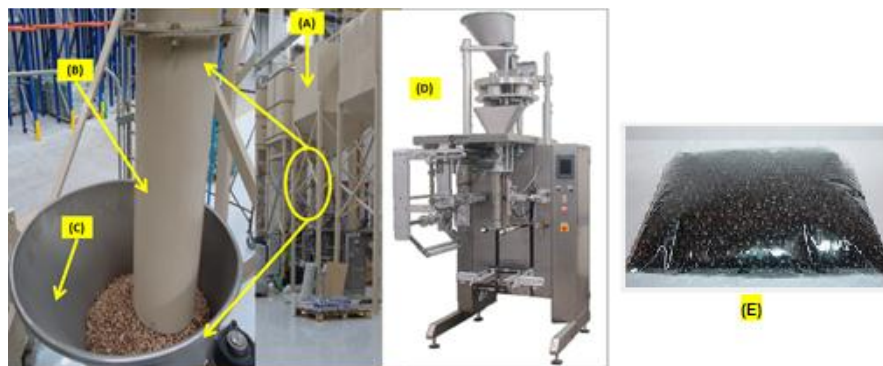
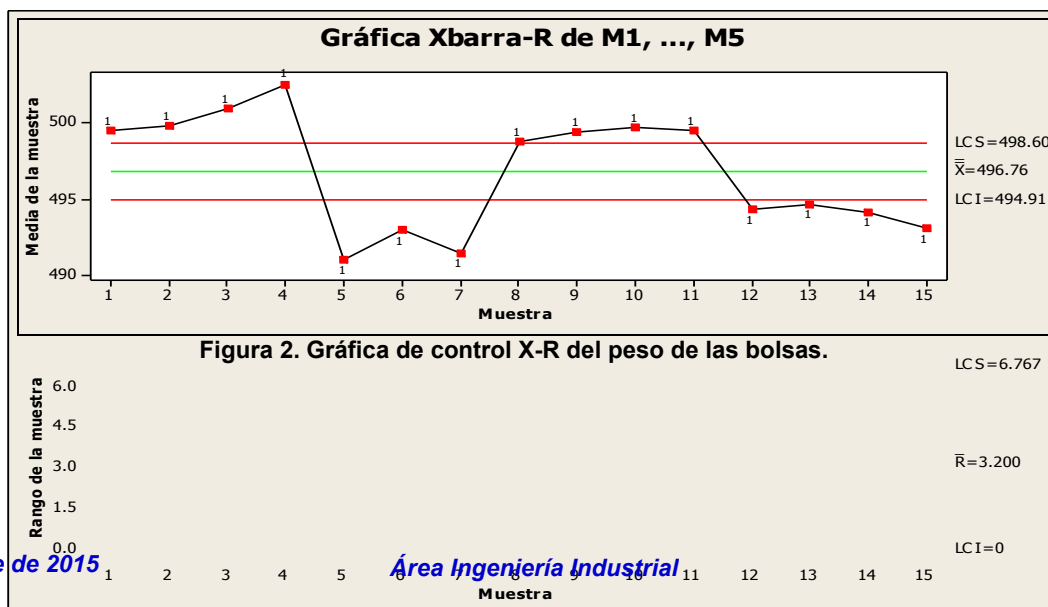


Figura 1. Tolva (A), tubo salida (B), cono (C), máquina (D) y bolsa (E).

Problema

El peso de las bolsas del proceso de envasado se encuentra fuera de control. La variación en el peso de las bolsas se debe a la presión que ejerce el flujo granular al salir de la tolva en los componentes de la máquina envasadora, esto provoca que se hagan ajustes de peso frecuentes en la máquina por el operador. Otra situación es el tiempo de espera de 15 minutos para el llenado de la tolva cada hora. En la Figura 2, se muestra un gráfico de control X-R del peso de las bolsas en un periodo de una hora, se observa que el proceso no está en control y es evidente el ajuste de peso por parte del operador.



Metodología

El proceso de diseño consta de varias etapas. Lieu [2010], están son: identificar, conceptualizar, refinar, analizar, prototipo, documentar y producir. Cada una de las cuales utilizan diferentes técnicas y herramientas, en muchas ocasiones el diseño inicial no supera una de estas etapas y debe ser replanteado en la anterior a fin de solucionar los problemas encontrados.

Identificar: una buena práctica de diseño comienza cuando se tiene claramente definida la necesidad para el producto, sistema o pieza, en esta etapa se plantean las preguntas y respuestas desde las perspectivas del ingeniero y del cliente, ver Tabla 1.

Tabla 1. Perspectivas del cliente e ingeniero.

Perspectiva del cliente	Perspectiva del ingeniero
Seguridad	Resistencia estructural, inocuidad y sujeción confiable.
Comodidad	Fácil instalación, tamaño adecuado y ligero.
Eficiencia	Geometría, desempeño y cero atascos del grano.

Conceptualizar: es la etapa más creativa del proceso, en ella se aplican diferentes métodos de generación de ideas y suele limitarse a la crítica pues el objetivo de esta etapa es generar el mayor número de ideas brillantes para su posterior selección, análisis y refinación al final de la etapa. En la Figura 3 (A), se muestra la propuesta del dosificador.

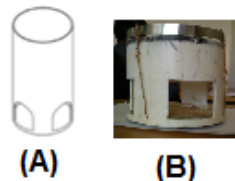


Figura 3. Conceptualización del diseño (A) y prototipo de prueba (B).

Prototipo: se decide realizar un prototipo en esta etapa del proceso, para verificar si realmente la presión de salida del grano de la tolva provoca la variación de peso en las bolsas. El prototipo se elabora con materiales disponibles, ver Figura 3 (B). Mediante un experimento se determina el área de los orificios de salida de granos para evitar atasco, y descargar 1000 gramos por segundo. En la Figura 4, se muestran los elementos que se usan en el experimento, en la Figura 4 (A), se observa el grano de estudio, en la Figura 4 (B), se muestra la base, en la Figura 4 (C), se muestra el tubo de descarga, en la Figura 4 (D), la báscula, en la Figura 4 (E), el prototipo dosificador y en la Figura 4 (F), la caja de almacenaje. Las variables de estudio son el tiempo (seg.) y el peso (grs.). La toma del tiempo es al iniciar la descarga del grano sobre la caja hasta que la báscula pese 1000 gramos. Las áreas de estudio de los orificios son: 16, 24, 36, 48, 64, 80, 100, 120 y 140 (cm²), estas pruebas se desarrollan para los granos de lenteja, arroz, garbanzo y frijol, se realiza 5 réplicas para cada prueba considerando el área y el grano.

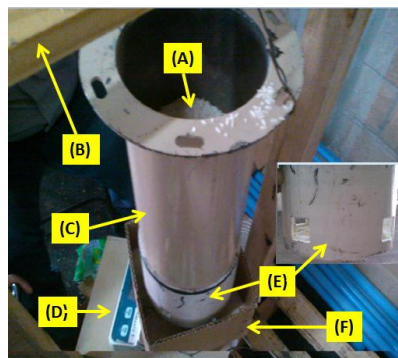


Figura 4. Grano (A), Base (B), Tubo (C), Báscula (D), Prototipo (E), Caja (F).

Tabla 1. Resultados de los experimentos de la lenteja.

Área 4 orificios (cm ²)	16	24	36	48	64	80	100	120	140
Tiempo réplica 1	19.38	13.69	5.29	3.27	3.02	1.72	1	0.99	0.91
Tiempo réplica 2	20.38	13.43	4.87	3.05	2.55	1.8	1.22	0.8	0.81
Tiempo réplica 3	25.95	13.08	5.02	3	2.38	1.67	1.03	0.7	0.84
Tiempo réplica 4	22.03	13.54	4.33	3.28	2.62	1.9	1.12	0.9	0.73
Tiempo réplica 5	21.36	13.56	5.34	2.9	2.25	1.55	1.13	1	0.76
Promedio	21.82	13.42	4.97	3.1	2.56	1.72	1.1	0.87	0.81

En la Tabla 1, se observa el tiempo de descarga de la lenteja en relación al área. El resultado muestra que no existen atascos, y el área factible de los orificios es de 120 cm² con un tiempo promedio de 0.87 segundos.

Tabla 2. Resultados de los experimentos del arroz.

Área orificio cm ²	16	24	36	48	64	80	100	120	140
Tiempo réplica 1	----	22.4	6.26	4.9	1.94	2.17	1.6	1.11	1.02
Tiempo réplica 2	----	23	5.58	4.99	2.06	1.38	1.21	1.16	0.98
Tiempo réplica 3	----	18.7	5.77	4.02	2.69	1.91	1.22	1.04	0.89
Tiempo réplica 4	----	21.42	5.75	3.51	2.55	2	1.19	0.96	0.95
Tiempo réplica 5	----	17.57	5.32	3.21	2.65	1.88	1.23	1.01	1.09
Promedio	Atasco	20.61	5.73	4.12	2.37	1.86	1.29	1.05	0.986

En la Tabla 2, se muestra el resultado del tiempo de descarga del arroz en relación al área, se observa que en el área de 16 cm² se provocan atascos. El área de 140 cm² cumple con un tiempo de 0.986 segundos.

Tabla 3 Resultados de los experimentos del garbanzo.

Área orificio cm ²	16	24	36	48	64	80	100	120	140
Tiempo réplica 1	----	----	----	----	5.51	2.73	2.16	1.56	1.09
Tiempo réplica 2	----	----	----	----	4.91	3.1	2.24	1.65	1.11
Tiempo réplica 3	----	----	----	----	4.18	3.11	1.95	1.63	1.13
Tiempo réplica 4	----	----	----	----	4.95	2.98	1.53	1.75	1.08
Tiempo réplica 5	----	----	----	----	6.16	2.73	2.12	1.7	1.18
Promedio	Atasco	Atasco	Atasco	Atasco	5.41	2.93	2	1.65	1.11

En la Tabla 3, se observa que se provocan arcos y atascos en los orificios de salida con áreas de 16, 24, 36, y 48 cm². El área de 140 cm² permite un flujo de 1000 gramos con un tiempo promedio de 1.11 segundos.

Tabla 4. Resultados de los experimentos del frijol.

Área orificio cm ²	16	24	36	48	64	80	100	120	140
Tiempo réplica 1	----	----	----	----	5.63	3.88	2.45	1.55	1.06
Tiempo réplica 2	----	----	----	----	5.32	4.62	2.49	1.57	1.18
Tiempo réplica 3	----	----	----	----	5.45	4.4	2.31	1.56	1.15
Tiempo réplica 4	----	----	----	----	4.66	3.74	2.5	1.62	1.11
Tiempo réplica 5	----	----	----	----	4.88	3.49	2.3	1.58	1.2
Promedio	Atasco	Atasco	Atasco	Atasco	5.18	4.02	2.4	1.57	1.14

En la Tabla 4, se observa que se tiene atascos en las áreas: 16, 24, 36, y 48 cm². El área que permite un flujo aproximado de 1000 gramos es de 140 cm² con un tiempo promedio de 1.14 segundos.

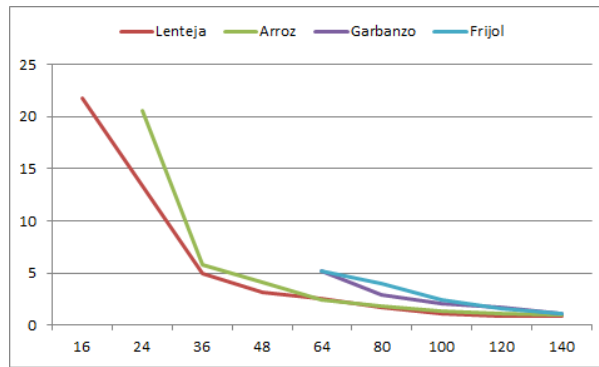


Figura 5. Gráfica del tiempo de flujo granular por grano.

En la Figura 5, se observa el comportamiento de la relación tiempo y área del flujo granular por los orificios de salida del dosificador, se muestra que la lenteja y el arroz por su estructura física fluyen mejor que los demás granos, en cambio el garbanzo y el frijol se comportan de una manera similar por sus características físicas, se observa que el área de 140 cm² cumple para los cuatro tipos de grano.



Figura 6. Pruebas piloto dosificador, arroz (A), garbanzo (B) y frijol (C).

Se realizan una prueba piloto con el dosificador en el área de producción, ver Figura 6. El resultado de las pruebas es la reducción de la presión del flujo granular en los componentes de la máquina, y se logra mantener un flujo constante de grano. En la Figura 7, se muestra el gráfico de control X-R del peso de las bolsas en un periodo de una hora, en el observa que el proceso está controlado.

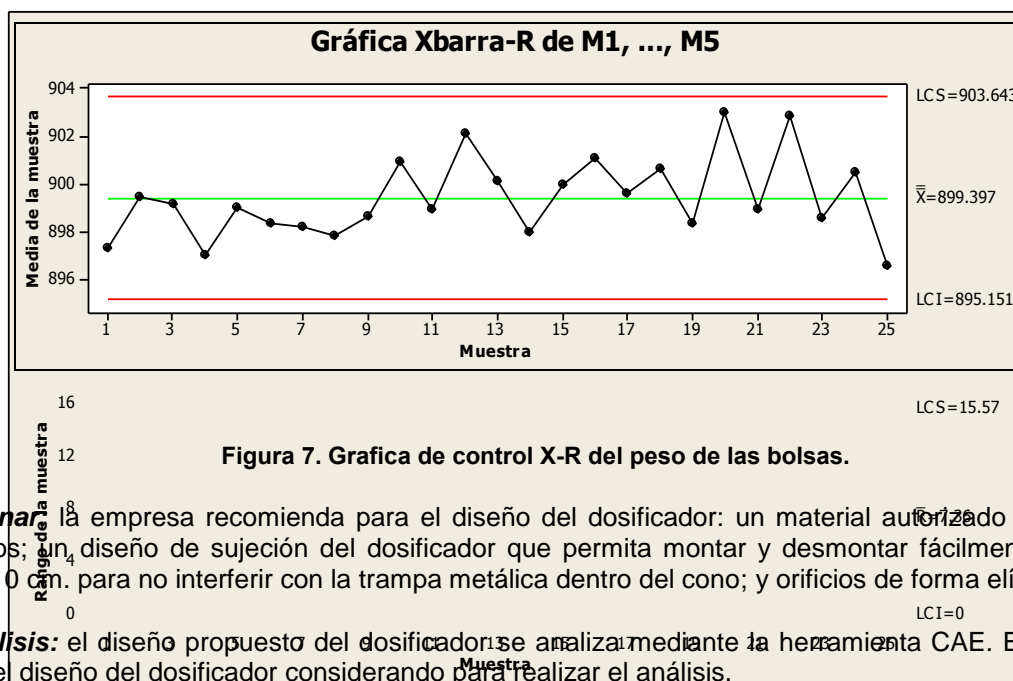


Figura 7. Grafica de control X-R del peso de las bolsas.

Refinar: la empresa recomienda para el diseño del dosificador: un material autorizado para contacto con alimentos; un diseño de sujeción del dosificador que permita montar y desmontar fácilmente; una altura máxima de 10 cm. para no interferir con la trampa metálica dentro del cono; y orificios de forma elíptica.

Análisis: el diseño propuesto del dosificador se analiza mediante la herramienta CAE. En la Figura 8, se muestra el diseño del dosificador considerando para realizar el análisis.

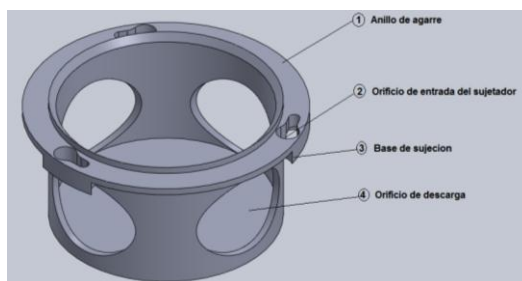


Figura 8. Diseño del dosificador.

Diseño de los sujetadores: en la Figura 9 (A), se muestra el diseño de sujeción para el dosificador. En la Figura 9 (B), se muestra el sujetador montado en el tubo de salida de la tolva



Figura 9. Diseño de sujeción para el dosificador.

Prueba de ensamble: se realiza la prueba para comprobar que el ensamble sea correcto entre el diseño del dosificador y los sujetadores, esto se hace mediante un ensamble de los elementos, ver Figura 10.

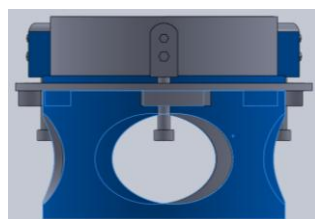


Figura 10. Prueba de ensamble.

Prueba de esfuerzo: para llevar a cabo esta prueba es necesario realizar algunos cálculos, para identificar las magnitudes de las fuerzas que actúan en el dosificador y sujetadores, se determina que la base del dosificador deberá soportar una presión de aproximadamente 20,310.2 Pa y los sujetadores una fuerza individual de aproximadamente 120 N. Además se determina el material para la construcción del dosificador como los sujetadores, en la Tabla 5, se presentan 3 propuestas.

Tabla 5. Materiales propuestos.

Material	Características	COFEPRIS
Polipropileno copolimero (PP), densidad = 900Kg/m ³	Es ligero, alta resistencia a la tensión y a la compresión, es resistente al impacto, resiste a la mayoría de los ácidos y álcalis, muy bajo coeficiente de absorción de humedad y no toxico.	Aprobado
Coopolimero de acetal DERLIN, densidad = 1410 Kg/m ³	Gran resistencia mecánica, rigidez estructural, estabilidad dimensional, excelente resistencia a químicos, soporta cargas elevadas en períodos intermitentes y prolongados, y no toxico.	Aprobado
Polietilentereftalato (PET), densidad = 1420 Kg/m ³	Resistencia y rigidez elevadas, elevada dureza de la superficie, apropiado para ser pulido, elevada estabilidad dimensional, buenas propiedades de fricción, elevada resistencia a sustancias químicas.	Aprobado

Se realizan análisis para cada uno de los materiales propuestos, se determina que el material Copolimero de acetil (DERLIN) es el material mejor evaluado en el factor de seguridad FOS

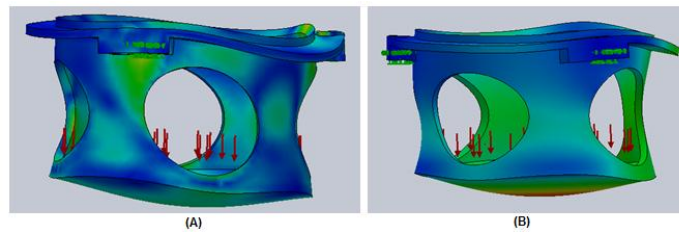


Figura 11. Prueba de Von Mises (A) y Desplazamiento de URES (B).

Para el estudio de esfuerzos se utiliza la herramienta SimulationXpress. En la Figura 11 (A), se observa la prueba de máxima tensión de Von Mises, también conocida como teoría de la energía de distorsión máxima. La teoría expone que un material dúctil comienza a ceder en una ubicación cuando la tensión de Von Mises es igual al límite de tensión. En la mayoría de los casos, el límite elástico se utiliza como el límite de tensión. Este valor especificado del límite elástico debe considerar la temperatura del componente. El factor de seguridad se calcula a partir de: $(FDS) = \sigma_{\text{limit}} / \sigma_{\text{vonMises}}$. Cuando se realiza una prueba de desplazamiento, la superficie del objeto se muestra como un gradiente de colores, con cada tonalidad representando un grado específico de desviación, de acuerdo con una escala en pantalla etiquetada "URES". Esto es llamado desplazamiento estático, ver Figura 11 (B).

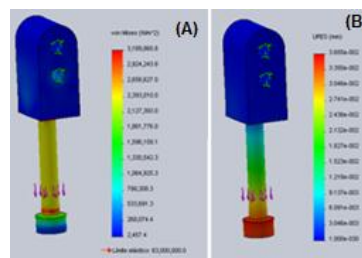


Figura 12. Prueba de sujetador Von Mises (A) y URES (B).

En la Figura 12 (A), se observa la prueba de Von Mises para el sujetador, el material comienza a sufrir una deformación o fatiga cerca de 306,479 Pa, está muy por encima de la presión que se aplicara a la pieza 20,130.2 Pa. Se realiza la prueba de URES para los sujetadores con un factor de seguridad (FOS) de 49.5, se considera que el sujetador soportara la carga de la pieza dosificadora y del grano, ver Figura 12 (B).

Pruebas de CAM

DFMXpress es una herramienta de análisis de SolidWorks que valida la factibilidad de fabricación de la pieza de diseño. Esta herramienta identifica en el diseño los posibles problemas en el proceso de fabricación. Al someter al dosificador a esta prueba se encuentra tres fallas que pueden complicar el maquinado, se elige otro tipo de herramientas de corte y se corrigen las fallas, ver Figura 13.

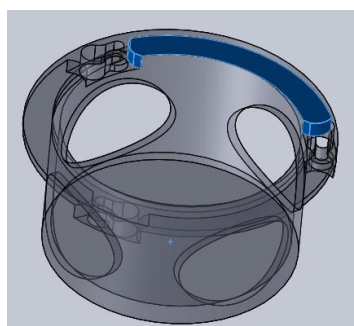


Figura 13. Pruebas de manufactura CAM.

Documentar: la etapa siguiente consta de la documentación de diseño, la cual se realiza en un dibujo detallado donde se muestra la información necesaria para la manufactura. Finalmente una vez que la documentación está completa se inicia la etapa de producción. Por cuestiones de privacidad no se puede mostrar la documentación del diseño.

Resultados

Se obtiene una reducción de la presión de salida del grano de la tolva en los componentes de la máquina envasadora. El uso del dosificador ayudo en el control del peso del proceso de las bolsas, también en reducir la cantidad de ajuste de peso que se realiza el operador en la maquina envasadora, se obtiene una reducción del 50% en la variación del peso de las bolsas, además, de mantener un flujo constante de grano a la salida de la tolva, independientemente de la cantidad de granos almacenada en la tolva, y otra ventaja del dosificador es la eliminación del tiempo de espera en el llenado de la tolva, con el cual se incrementa la producción en un 25%.

Conclusiones

La aplicación de las herramientas CAD, CAE y CAM utilizando el programa SolidWorks, ayudo a facilitar el desarrollo del diseño del dosificador, el uso de estas herramientas permitió evaluar diferentes materiales para el dosificar y determinar que el mejor es el Copolimero de acetal DERLIN. El diseño del dosificador es ligero, seguro, fácil de instalar, resistente al desgaste, y cumple con un material autorizado por la Comisión Federal para la protección contra riesgos sanitarios (COFREPIS). El dosificador se puede implementar en las 8 tolvas de almacenamiento disponibles de la empresa, con esto se pude incrementar la producción en un 25%. También se cumple con los límites de peso de la Norma NOM-002-SCFI-2011 (Productos envasados).

Agradecimientos

“Programa apoyado por el CONACYT” mediante el proyecto “Programa para incrementar la participación de estudiantes de licenciatura en proyectos de investigación” apoyado en la convocatoria “Jóvenes talentos 2015” Esta sección es opcional.

Referencias

1. Zuriguel, B. (2005). Flujo y Atascos de un medio granular en la descarga de silos Departamento de Física y Matemáticas aplicadas. Facultad de Ciencia, Universidad de Navarra, Pamplona, España.
2. Gutiérrez, H. y De La Vara, R. (2004). Análisis y diseño de experimentos. México: McGraw-Hill.
3. Felder, R. (2008). Principios elementales de los procesos Químicos 3ª edición.vEditorialvLimusa Wiley S.A. de, CV. pp. 83-92.
4. Serway, F. (2001). Física 5ª edición. Editoria Pearsons Educación de México S.A. de CV. 118 -124, 181-183.
5. Gómez, S. (2008). El gran libro de SOLIDWORKSOffice Professional. Coedición Alfaomega y Marcombo.
6. Gómez, S-G. (2012). SOLIDWORKS 1 Pieza ensamblaje y dibujo. Editorial Marcombo.
7. Lieu, D. (2010). Dibujo para el diseño en ingeniería. Editorial Cengage Learning editores S.A. de CV.
8. Blanco, J. y Sanz, F. (2002). CAD CAM Gráficos animación y simulación por computadora. Editorial S.A. ediciones Paraninfo.

Determinación del tamaño de flota para transporte terrestre por carretera con base a tiempos de traslado

L. M. Rosaldo Mirón¹, L. Ruvalcaba Sánchez², G. Fernández Lambert^{3*}.

J.G. Correa Medina². E. Martínez Mendoza⁴

¹Gerencia Local Tula, Autotankes Nieto, S.A. de C.V.

²Dirección de Investigación, Centro Universitario Victoria, Universidad Autónoma de Tamaulipas

³División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico Superior de Misantla.

⁴Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad del Istmo, Campus Tehuantepec.

*gfernandezl@itsm.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Industrial.

Resumen

Los modelos de tamaño de flota generalmente tratan con el problema de una demanda de viajes cargados del nodo-*i* al nodo-*j*, y criterios de servicio para determinar el número óptimo de vehículos necesarios para satisfacer una demanda de transporte con respecto a dichos criterios. Los modelos matemáticos del problema de decisión son formulados en términos multiobjetivo, no lineales, programación entera y teoría de colas, y básicamente exigen personal calificado para su manipulación y programas computacionales para su implementación en el proceso de decisión de la empresa. Se propone un modelo a partir de [Jordan y Turnquist \[1986\]](#) con el que se atiende un caso histórico de una empresa de transporte de material peligroso. De una forma simplificada y sin la necesidad operaciones complejas, el modelo responde a la variación en el comportamiento de la demanda histórica del servicio de transporte proporcionado por una empresa de transporte de material peligroso.

Palabras clave: Reemplazo de flota. Transporte de material. Toma de decisiones.

Abstract

Usually fleet size models deal with the problem of demand of load travel from node-*i* to node-*j*, and service criteria required determining its optimal number for vehicles by meet demand of transport. Mathematical models for decision problem can be formulated in multi-objective, nonlinear, integer programming and queuing theory terms. Qualified personnel and computer programs is required for implementation it, and they are used in the company decision process. This work propose a model from Jordan and Turnquist [1986] with a historical case from a transport company for hazardous material. In a simplified form and without need complex operations, the model responds to changes in behavior for historical demand from transport service provided by a carrier of hazardous materials

Keywords: Fleet replacement. Material transportation.

Introducción

México se caracteriza por mover sus mercancías y materiales – peligrosos o no peligrosos- por carretera. La gestión y operación de las flotas de transporte en empresas de carga y distribución de mercancías y materiales, normalmente cuentan con una flota vehicular heterogénea para atender clientes que exigen altos estándares de seguridad, a fin de lograr mantener un alto nivel de servicio a través del número adecuado de camiones disponibles (tamaños de la flota), con base a un programa de asignación de servicios. Las decisiones relacionadas con la gestión del transporte involucran aspectos estratégicos y tácticos que determinan los niveles de operación, las necesidades de manutención y la capacidad productiva. En particular, la determinación del tamaño óptimo de unidades de transporte es un problema complejo, debido a que tiene inmersa una demanda y parámetros con variaciones en el tiempo (no estacionaria), está sujeto a restricciones relacionadas con el tipo de producto a transportar, considera diferentes centros de embarque o diferentes destinos donde recoger y/o entregar el producto, además del correspondiente volumen de carga a transportar.

Por lo general las empresas determinan por medio de pronósticos la demanda de su mercado, y de esa forma predicen los volúmenes de mercancía que se tendrán que transportar, para finalmente definir el número de

unidades de transporte a utilizar. No obstante, la dificultad de esta situación radica en la variabilidad que puede existir en la necesidad o requerimiento de volumen a transportar entre un periodo de tiempo y otro. Para resolver este problema, las empresas de transporte suelen rentar equipo adicional para atender las solicitudes extraordinarias de transporte de mercancías que se presentan fuera de programación y que afectan tanto el ingreso como el servicio al cliente. De acuerdo con [Levin \[1971\]](#) existen algunos problemas operacionales importantes que son significativos para los sistemas de transporte como son: utilización de la flota, tamaño de la flota, el ruteo y la programación del transporte, y en este sentido, [Diana et al. \[2006\]](#) asumen que entre los aspectos críticos que deben considerarse en el nivel de planeación estratégica esta la determinación del tamaño de flota requerido para que el sistema dé respuesta a la demanda de tránsito, el cual consiste en una flota de vehículos sin programación predefinida. La meta aquí es lograr una respuesta al servicio de la demanda de tránsito fuera de itinerarios o programación.

Los estudios relacionados con el reemplazo de unidades de transporte y la determinación del tamaño de la flota en diversos sectores industriales y comerciales suelen ser decisiones independientes, sin embargo tratan con el problema de una demanda incierta de viajes o transporte de mercancías, con características diferentes en cada viaje, por lo que debe responderse a preguntas relacionadas con ¿cuál es el número óptimo de vehículos necesarios para satisfacer la demanda con respecto a dichos criterios? y ¿cuáles son las rutas óptimas para cada vehículo?, de aquí que la composición de la flota y decisiones de ubicación deben basarse en información correspondiente a los costos de transportación, impuestos de transportación, así como adquisición de vehículos, depreciación, venta y precios de subcontratación, entre otros tipos de costos ([Andersson et al. \[2010\]](#); [Hoff et al. \[2010\]](#); [Wu y Hartman \[2010\]](#)).

En general, los modelos de decisión utilizados por las empresas se enfocan sólo al reemplazo de los tractores, sin embargo, cada vez es más necesario crear un sistema para el reemplazo de equipo de tanques o remolques, ya que estos en la mayoría de las ocasiones han superado por mucho su tiempo de vida útil, provocando que los costos operativos sean realmente elevados, debido a un aumento del tiempo en el taller y los costos de reparación, reduciendo la confiabilidad del equipo, e impactando directamente en los resultados financieros de las compañías. En esta situación, según [Ghani et al. \[2004\]](#), cuando la demanda varía a través del tiempo, los transportistas cubren la carga base de la demanda con una flota propia y la demanda adicional de los periodos “picos” se lleva a cabo mediante la contratación de vehículos. En este caso, es común que el decisor considere el menor costo mixto de vehículos propios y contratados bajo el supuesto de que todos los vehículos son idénticos.

De acuerdo a [Velázquez \[2008\]](#) son pocos los estudios concretos que abordan la innovación en el sector autotransporte en México, pese a que en algunas instituciones de educación superior se imparten carreras relacionadas con este sector y a que existen múltiples organizaciones dedicadas a esta actividad. En apariencia y de manera recíproca, no existe un interés de acercamiento entre unos y otros, para encontrar soluciones a sus problemas tecnológicos y para la formación de cuadros profesionales en el sector. Como resultado de este distanciamiento, son también pocos los trabajos que consideran en sus estudios las tres vertientes de interés en un problema de decisión de tamaño de flota: la gestión y/o mantenimiento de las unidades, el tamaño de flota, y el reemplazo de los vehículos.

Este trabajo presenta, basado en la propuesta de [Jordan y Turnquist \[1986\]](#), un modelo con la variante de tiempos de traslado sin inventario de vehículos para determinar el tamaño de flota de una empresa transportista de material peligroso. El resto del artículo presenta la descripción general del modelo [Jordan y Turnquist \[1986\]](#) con el propósito de resaltar la variante propuesta en este artículo. Para ejemplificar el uso del modelo aquí propuesto se atiende un caso histórico de una empresa transportista de material peligroso, y finalmente, se concluye el producto de esta investigación.

Metodología

Revisión bibliográfica

La experiencia ha demostrado que cuando un especialista se enfrenta a una programación con cincuenta o más movimientos, el decisor estará ante un sistema complejo de atender, y sólo aspectos intuitivos serán tomados en cuenta. Estos trabajos han sido tratados por estudiosos de la investigación de operaciones (IO) para encontrar la solución óptima. El problema de flota mínima con programación fija, apareció por primera vez en la literatura de investigación de operaciones en 1954, y fue formulado como un problema de transporte. Entre las

técnicas de la IO más utilizadas para determinar el tamaño de flota en diversos sectores industriales, formuladas en términos mono y multiobjetivo, está la programación lineal entera, la programación dinámica y la teoría de colas, considerando tiempos de traslado inciertos y/o la fluctuación estocástica de la demanda, así como tiempos de carga y descarga y tiempos de recorrido considerando la demanda originada en un centro de distribución a varias terminales.

Algunos trabajos que marcaron el uso de la IO en este tema entre los años 70's y 90's fueron los de [Martin-Lof \[1970\]](#); [Levin \[1971\]](#); [Parikh \[1977\]](#); [Gertsbach I. y Gurevich Y. \[1977\]](#); [Álvarez et al. \[1978\]](#); [Orlin \[1982\]](#); [Avramovich et al. \[1982\]](#); [Waddell \[1983\]](#); [Touran &Taher \[1988\]](#); [Klincewicz et al. \[1990\]](#); [Beaujon y Turnquist \[1991\]](#); [Jones y Zydiak \[1993\]](#); [Bean et al. \[1994\]](#); [Du y Hall \[1997\]](#); [Fagerholt \[1999\]](#); entre otros. En ellos, se establecen rutas de transporte y se determina el tamaño de flota considerando aspectos como: orígenes y destinos del viaje dados, intervalos de tiempo entre viajes conocidos, restricciones de servicio, costos de operación, edad de los vehículos, tamaño de flota, zona geográfica en la que se proporcionará el servicio, nivel de servicio esperado por el cliente, tiempos de traslado, fluctuación de tipo estocástico de servicio, "prestar o contratar" el servicio con el propósito de decidir si tercerizar el servicio o cubrirlo con su propia flota de vehículos, restricciones de capital, tiempos de carga y descarga entre instalaciones, productividad esperada del sistema por el servicio proporcionado, entre otros criterios de servicio basal. Para resolver el problema particular utilizan procedimientos de ramificación y acotamiento en programación entera, teoría de colas y simulación, los cuales son apoyados con programación computacional, planeación financiera y métodos de pronósticos.

La evolución computacional ha permitido atender el problema de selección y asignación de flota con métodos computacionales que consideran un mayor espectro de factores que acercan más a la realidad el escenario de transporte de mercancías y materiales en la industria del transporte. Entre estos trabajos están los reportados por [Sherali y Maguire \[2000\]](#) y el de [Hartman \[2001\]](#); en el primero presentan un modelo matemático para minimizar el tamaño de flota requerido para proveer el servicio adecuado de embarque de autos por tren. El enfoque incorpora realidades operativas como los tiempos de espera, la exactitud del pronóstico, y la variabilidad de la demanda diaria; mientras que en el segundo, se propone un modelo de programación dinámica para las decisiones de reemplazo de equipo en general, considerando los efectos probabilísticos de la utilización de un activo.

[Boctor y Renaud \[2001\]](#) proponen diferentes modelos heurísticos de solución para el problema de ruteo vehículos y tamaño de flota mixto (FSMVRP), el cual se usa para determinar una mezcla de vehículos así como sus rutas de tal manera que: 1) las rutas iniciaban y terminaban en una terminal, 2) cada cliente es visitado exactamente una vez, 3) el total de la demanda de una ruta no excede la capacidad del tipo de vehículo usado, 4) la duración total de cada ruta (incluyendo los tiempo de viaje y servicio) no excede el tiempo máximo de viaje del tipo de vehículo usado y 5) la suma de los costos fijos y variables son minimizados.

Otros trabajos como el de [Keles y Hartman \[2004\]](#); y el de [Cherry \[2005\]](#), analizan el reemplazo de vehículos en paralelo, y evalúan el número de vehículos fuera de servicio en cierto tiempo con el propósito de planear actividades extra de servicio. Basado en un problema de ruteo [Koster, Savelsberg y Vis \[2005\]](#); [Dell Amico, Monaci, Pagani y Vigo \[2007\]](#) presentan variantes del problema FSMVRP en programación lineal y programación lineal entera con la incorporación de ventanas de tiempo (FSMVRPTW), en donde cada tipo de vehículo es definido por la capacidad de carga y el costo fijo para su uso. En este sentido [López y Prado \[2007\]](#) proponen un modelo de programación lineal para resolver un FSMVRPTW utilizando búsqueda dispersa. Mientras que [Ahuja et al. \[2007\]](#) presentan un modelo de asignación de flota (FAM) para diferentes tipos de aviones. En este, se busca minimizar los costos de asignación, basado en restricciones de cobertura, flujo-balance, y restricción de tamaño de flota.

Varios modelos han sido desarrollados para el tamaño de flota o redistribución de vehículos en ambientes estocásticos, diseño de redes no lineales, redes dinámicas multietapa, redes logísticas de colas, políticas de control de inventario, y métodos basados en memoria adaptativa y modelos de simulación basados en algoritmos genéticos, entre éstos [Dinwoodie et al. \[2007\]](#); [Ortiz et al. \[2007\]](#); [Papier y Thonemann \[2008\]](#); los primeros proponen un modelo de Markov para la administración de flotas, determinar el tamaño de flota, la renta de vehículos, el despacho de vehículos cargados y reposición de vehículos vacíos; los segundos utilizan la simulación computacional mediante la cual simulan particularmente la producción proyectada de un año para una cantera, y en base a costo unitario mínimo se elige la flota de equipos; mientras que Papier y Thonemann determinan el tamaño de flota apoyados en un modelo de simulación discreto, el cual, aunque muy exacto,

tomaba mucho tiempo en proporcionar los resultados óptimos, por lo que finalmente crearon un modelo de colas para determinar el tamaño de flota.

Al final de la primera década del 2010, los algoritmos heurísticos y metaheurísticos fueron considerados por investigadores para atender el problema de selección de flota; un trabajo de éstos fue el de [Bräysy et al. \[2008\]](#), quienes buscan minimizar el costo total para cumplir con los requerimientos de los clientes, y presentan un modelo metaheurístico de recocido simulado determinista para definir el tamaño de flota y ruteo de flota mixto con ventanas de tiempo. Esta metaheurística, resuelve el problema de determinación de tamaño de flota al menor costo en tres Fases: En la Fase 1, se generan las soluciones más económicas, mientras que en la Fase 2 se reducen el número de rutas en la solución inicial con un procedimiento de búsqueda local. Finalmente en la Fase 3, la solución de la Fase 2 se mejora aún más por un conjunto de cuatro operadores de búsqueda locales con el propósito de lograr una mejor solución global.

Entre los trabajos que consideran estas tres vertientes está el de [Wu et al. \[2005\]](#) quienes proponen un modelo de programación lineal para determinar el tamaño óptimo de flota y la combinación de la misma, considerando diferente capacidad y edad de los camiones. En dicho modelo se incluyen decisiones operativas (por ej. asignación de la demanda y el reposicionamiento de camiones vacíos) así como decisiones tácticas (incluidas las adquisiciones de activos y ventas). El modelo se resuelve en dos fases, la primera por medio de la descomposición de Benders y la segunda por medio de relajación Lagrangiana.

En lo general la revisión de artículos ha dejado ver que no se tienen estudios que se enfoquen a determinar el tamaño de flota requerido en empresas de autotransporte de material peligroso; no obstante que dicha literatura reporta estudios de modelos de tamaño de flota los cuales están enfocados principalmente al transporte marítimo o en su defecto al estudio de ruteo de vehículos, a través de los cuales puede asignarse un determinado número de unidades para atender las necesidades correspondientes.

La escasez de este tipo de investigaciones, ha motivado este trabajo en dos aspectos. El primero para determinar el tamaño de flota y reemplazo de equipo en tractores y remolques, en el que estén inmersos criterios específicos relacionados con los requisitos de los clientes de empresas de autotransporte de material peligroso, con el objetivo de lograr ventajas competitivas basadas en un mejor desempeño estratégico y operativo de sus procesos. El segundo aspecto, considera el hecho, de que si bien existen típicamente casos de estudio que reportan problemas combinatorios duros de optimización para las decisiones centrales relacionadas con el diseño, composición y operación del sistema de transporte, los decisores requieren de asistencia técnica –para el caso de que las empresas no dispongan de profesionistas en dicha especialización-, y de programas computacionales especiales para resolver este tipo de problemas, que en la práctica no se encuentran a disposición de la empresa común de transporte.

Modelos de Tamaño de flota

A diferencia del transporte de pasajeros, la modelación en el transporte de carga considera rasgos básicos adicionales del movimiento de carga ya que su planeación no se determina por un único agente, como en el caso de los pasajeros, sino que éste se estima por una diversidad de actores, como lo pueden ser: productores, consumidores, cargadores, transportistas, autoridades viales, por mencionar algunos, que usualmente persiguen objetivos distintos, y en ocasiones éstos suelen estar en conflicto. En este sentido, la gestión del transporte de mercancías puede enfocarse a diferentes actividades de servicio, sin embargo, se considera que la inversión en equipos es uno de los aspectos más relevantes, ya que por una parte, se requiere de un capital operativo mayor por inventario de unidades de transporte fuera de carretera, y/o bien por la conservación de éste inventario, lo que sin duda alguna reduce la utilidad de la empresa; sin embargo, al no disponer del transporte necesario para el servicio planeado, puede verse afectado el servicio al cliente y por ende la imagen de la organización con posible repercusión en rescisiones de contrato o limitantes para poder conseguir nuevos clientes.

[Jordan y Turnquist \[1986\]](#) mencionan que existen dos importantes características del problema del tamaño de flota de transporte, las cuales son: a) el patrón de tráfico espacial atendido por la flota y 2) el tamaño de los embarques individuales relativos a la capacidad de un vehículo individual. El patrón espacial de los movimientos pueden tener un rango desde un origen y un destino hasta un complejo “muchos a muchos” patrones de tráfico. Los embarques individuales, pueden representar una cantidad de movimiento desde una pequeña fracción de la capacidad de un vehículo hasta múltiples vehículos llenos, aunque la principal distinción útil en la planificación

de la flota en este tipo de servicio es el tamaño de carga que utilizará el vehículo, ya sean cargas parciales o cargas completas. La Tabla 1 muestra un esquema de clasificación simple para los problemas de tamaño de flotas. La premisa básica de estos modelos es que se enfrenta a una programación fija de servicios en los cuales los vehículos son movidos de manera determinista entre un conjunto de terminales. En éstos se consideran las situaciones que incluyen movimientos de “muchos a muchos” para vehículos con carga completa. Si estos movimientos pueden ser considerados deterministas y programados, los métodos ya desarrollados para operaciones de tránsito pudieran ser aplicados de manera inmediata, sin embargo, si las operaciones presentan patrones estocásticos y no programados, resolverlos será un mayor problema.

Tabla 1. Clasificación de modelos para el tamaño de flota[†].

Tamaño de embarque	Vehículos con carga completa	Patrón de tráfico		
		Uno a uno	Uno a muchos	Muchos a muchos
		Modelo de colas cíclico	Modelo de ubicación de flotas	-----
	Carga parcial	Modelos de envío (despacho)	Modelo de ruteo de vehículos	Operaciones programadas (tránsito aéreo)

[†] Fuente: Jordan y Turnquist [1986].

Jordan y Turnquist [1986] desarrollaron un modelo para determinar el tamaño óptimo de flota de contenedores que parte de una planta de manufactura hacia un grupo de plantas de ensamble. Analiza la demanda de manera determinista y el tiempo de viaje de manera estocástica.

La capacidad de los sistemas de transportación está directamente relacionada con el número de vehículos disponibles. Los propietarios y operadores de los sistemas de transporte invierten en los vehículos con la finalidad de tener la capacidad de cumplir con la demanda. Determinar el número óptimo de vehículos para un sistema particular requiere un balance entre los costos asociados a la tenencia de los mismos con los costos o penalidades asociadas con la perdida de oportunidad al no cumplir con las demandas. Una decisión básica e importante es determinar el número apropiado de vehículos que deben tenerse a disposición para cubrir el servicio, no sólo el planeado, sino aquel que puede ser “extemporáneamente requerido”. Poseer o rentar una flota de vehículos es generalmente costoso, por lo que es natural tratar de optimizar el tamaño de la flota que se requiere. La programación del servicio que se va a proveer es especificada como determinista y el problema es encontrar el tamaño de flota que minimice la salida de capital y/o los costos de operación mientras se satisfaga la demanda (Beaujon y Turnquist, [1991]).

El modelo de determinación del tamaño de flota aquí propuesto tiene el objetivo de simplificar los cálculos para determinar el tamaño de flota necesario para atender a diversos clientes con iguales necesidades de tipo de producto a transportar, en el cual se asume que los tomadores de decisiones en las empresas de transporte no siempre tienen el tiempo para llevar a cabo aplicaciones más complejas como los son modelos de programación lineal o dinámica. Por lo anterior este modelo busca ser un apoyo para que los tomadores de decisiones definan la flota vehicular requerida para atender los servicios demandados por un mercado de transporte de material peligroso, y evitar tener equipo ocioso en el parque vehicular.

El proceso para la aplicación del modelo propuesto y la consecuente toma de decisiones asociada a la determinación del tamaño de flota sigue dos pasos básicos: En el primero, se deben obtener los datos históricos de demanda de los clientes, mismos que deben ser confiables, y en el segundo, analizar la información de la demanda para elaborar un pronóstico adecuado.

Al modelo originalmente creado por Jordan y Turnquist [1986] se le hizo una modificación en relación al tiempo de traslado requerido por cada uno de los clientes que se deben atender, ya que el modelo original considera un tiempo de atención constante. Bajo esta consideración, el modelo para determinar el tamaño de flota, se presenta de la siguiente manera:

$$TF = CT * \left(\frac{TCM - TP}{p} \right) + \sum_{i=1}^n VD_i * \frac{((2TT_i) + TC_i + TD_i)}{p}$$

Las variables que intervienen en el modelo están definidas de la siguiente manera:

- TF = Número de equipos necesarios para el transporte.
- CT = Volumen diario total requerido por el cliente ($m^3/\text{día}$).
- TCM = Tiempo en que se consume el material transportado por día.
- TP = Tiempo disponible de producción para carga por día.
- p = capacidad de los equipos (m^3/equipo).
- VD_i = Volumen requerido por los clientes ($m^3/\text{día}$).
- TT_i = Tiempo de viaje origen – destino por día.
- TC_i = Tiempo de carga por día.
- TD_i = Tiempo de descarga por día.
- i = número de clientes.

La variación con respecto al modelo presentado por Jordan y Turnquist [1986] es que ellos no hacen de manera específica ninguna alusión a los tiempos de carga y descarga, los cuales si se toman en cuenta en este modelo, además, ellos consideran un tiempo de inventario (*stock*) en los almacenes, que hace referencia la existencia de líneas de espera de las unidades, pero en cuanto al transporte terrestre de carga se considera preferible tomar en cuenta los tiempos de descarga ya que es la manera usual de gestionar estas actividades.

Caso de aplicación

Considerando la metodología de casos de estudio, el modelo se utilizó para representar el movimiento de una empresa de transporte terrestre de material peligroso del país, de la cual su demanda para uno de los productos transportados de los últimos años se presenta en la Figura 1.

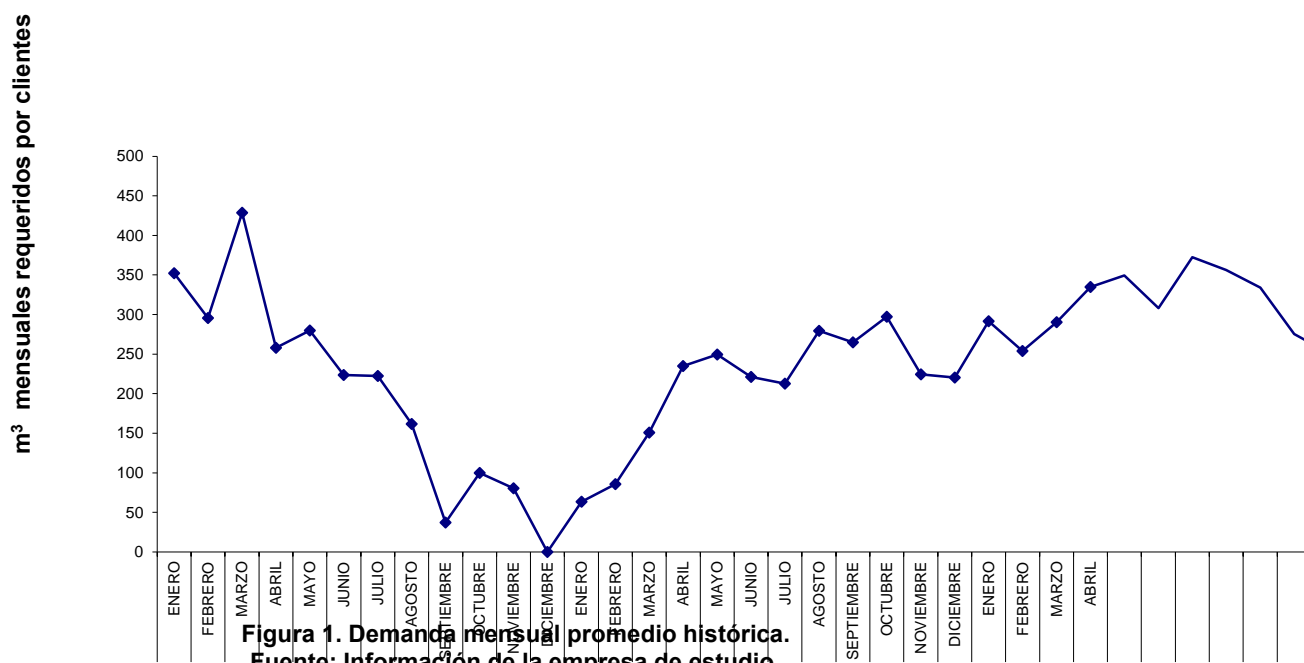


Figura 1. Demanda mensual promedio histórica.
Fuente: Información de la empresa de estudio.

A partir de la demanda histórica se utiliza la técnica de promedios móviles para estimar la demanda de los dos meses siguientes de agosto y septiembre. La Tabla 2 describe que para el mes de agosto y septiembre del año 4, se prevé un requerimiento de 309 y 297 m^3 , respectivamente; así mismo, se determinó que el tamaño de flota necesario para cubrir esta demanda, en función de la capacidad de transporte, es consistente al menos para los meses pronosticados.

En este caso derivado de la poca variación que muestra la demanda pronosticada, el tamaño de flota para los meses de agosto y septiembre puede considerarse constante, lo cual favorece a la empresa transportista y a las personas encargadas de tomar decisiones, ya que no requiere algún ajuste.

Tabla 2. Tamaño de flota necesaria para cubrir la demanda 309 m³ y 297 m³.

Mes	Demanda (m ³)	Capacidad de transporte	Tamaño de flota ^{TT}
Agosto	309	37 m ³	6
	309	55 m ³	5
	309	37 y 55 m ³ 50%	3 y 3
Septiembre	297	37 m ³	6
	297	55 m ³	5
	297	37 y 55 m ³ 50%	3 y 3

^{TT}Aplicación de modelo en la empresa de estudio.

Para ilustrar la sensibilidad y utilidad del modelo para determinar el tamaño de flota, se simula que para los meses de agosto y septiembre la demanda será de 450 m³ y 250 m³ respectivamente. Los resultados del tamaño de flota se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Tamaño de flota necesaria para cubrir la demanda 450 m³ y 250 m³.

Mes	Demanda (m ³)	Capacidad de transporte	Tamaño de flota ^{TT}
Agosto	450	37 m ³	9
	450	55 m ³	7
	450	37 y 55 m ³ 50%	4 y 4
Septiembre	250	37 m ³	5
	250	55 m ³	4
	250	37 y 55 m ³ 50%	2 y 2

^{TT}Aplicación de modelo en la empresa de estudio.

Se observa en la Tabla 3 que existe un incremento en la cantidad de vehículos a utilizar para atender este comportamiento de demanda, por ende, el modelo reacciona de forma adecuada a estas variaciones.

Por otra parte, contrastado con los resultados históricos obtenidos de la *expertis* del operador logístico de la empresa, la Tabla 4 muestra el acercamiento a los valores del tamaño de flota determinado para dichos escenarios de requerimiento de transporte.

Tabla 4. Tamaño de flota histórica programada basada en la expertis para cubrir la demanda de servicios.

Demanda (m ³)	Capacidad de transporte	Tamaño de flota histórica
309	37 m ³	5 a 7
309	55 m ³	4 a 6
309	37 y 55 m ³ 50%	4 a 6 y 5 a 7
297	37 m ³	5 a 8
297	55 m ³	6 a 7
297	37 y 55 m ³ 50%	4 a 5 y 4 a 6
450	37 m ³	7 a 10
450	55 m ³	11 a 13
450	37 y 55 m ³ 50%	4 a 6 y 4 a 7
250	37 m ³	5 a 7
250	55 m ³	5 a 7
250	37 y 55 m ³ 50%	3 a 5 y 3 a 6

Los resultados estimados por el modelo, contrastados con la asignación histórica, reflejan la utilidad del modelo como una herramienta de apoyo a la decisión de asignación de flota en este tipo de empresa transportista.

Trabajo a futuro

Este artículo reporta un modelo lineal para determinar el tamaño de flota, particularmente en una empresa transportadora de material peligroso. El modelo es complementado con un modelo para el reemplazo de flota apoyado con AHP.

Conclusiones

Si bien estimar el tamaño óptimo de una flota implica decisiones estratégicas, tácticas y operativas, esta jerarquía de decisiones requiere un equilibrio entre los gastos de capital de las adquisiciones de activos y los

costos operativos asociados a su utilización, así como nivel del servicio al cliente. Más activos de unidades de transporte permiten a una compañía asegurar un mayor nivel de satisfacción de los clientes a expensas de costos más altos de capital y explotación, los cuales no son triviales para una empresa de este giro. Retener las unidades en servicio más tiempo puede reducir los gastos de capital, a riesgo de aumento de los gastos de funcionamiento y las probabilidades de averías, afectando el servicio al cliente. De aquí nuestro interés en proponer un modelo que inicie en determinar el tamaño de flota minimizando el nivel de inventario del parque vehicular basado en considerar los tiempos de traslado entre el nivel de servicio pronosticado.

En este artículo se determina el tamaño de flota para diferentes tamaños de demanda y diferentes capacidades de transporte mediante un modelo lineal ajustado con tiempos de traslado a partir de [Jordan y Turnquist \[1986\]](#), el cual responde de forma congruente a la variación de la demanda de servicio, y de la capacidad de carga disponible por unidad de transporte. El modelo ofrece la ventaja de realizar una estimación del tamaño de flota con operaciones básicas, lo cual puede ser reproducible sin necesidad de contar con un software especializado.

Referencias

1. Ahuja R. K., J. Goodstein, A. Mukherjee, J. B. Orlin, and D. Sharma (2007). "A very large-scale neighborhood search algorithm for the combined through-fleet-assignment model," *INFORMS Journal on Computing*, vol. 19, no. 3, pp. 416–428.
2. Álvarez, G., Navarro J., y Pesquera M. (1978). Optimización de una flota de vehículos de transporte mediante la aplicación de un método probabilístico de simulación de la demanda. *Revista de Obras Públicas*.
3. Andersson, H.; Hoff, A.; Christiansen, M.; Hasle, G.; Lokketangen, A. (2010). Industrial aspects and literature survey: Combined inventory management and routing: Review article. *Computers & Operations Research*, Volume 37, Issue 9, September 2010, Pages 1515-1536.
4. Avramovich D., Cook T., Langston G., y Sutherland F. (1982). A decision support system for Fleet management: A linear programming approach. *Interfaces*. Vo. 12 No. 3.
5. Bean J, Karabakal N., y Lohmann J. (1994). Parallel Replacement under Capital Rationing Constraints. *Management science*. Vol. 40 No. 3.
6. Beaujon G., y Turnquist M. (1991). A model for fleet sizing and vehicle allocation. *Transportation science*. Vol. 25 No. 1.
7. Boctor F., y Renaud J. (2001). A sweep based algorithm for the fleet size and mix vehicle routing problem. *European Journal of Operation Research*.
8. Bräysy O., W. Dullaert, G. Hasle, D. Mester, and M. Gendreau. (2008). An effective multirestart deterministic annealing metaheuristic for the Fleet size and mix vehicle routing problem with time windows. *Transportation Science*, to appear. DOI: 10.1287/trsc.1070.0217
9. Cherry, R. (2005). Development of Duration Models to Determine Rolling Stock Fleet Size. *Journal of Public Transportation*, Vol. 8, No. 3.
10. Dell Amico M., Monaci M, Pagani C., & Vigo D. (2007). Heuristic Approaches for the Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Transportatio Science*. Vol. 41 No. 4.
11. Diana, M., Maged M. Dessouky, and Nan Xia. (2006). A model for the fleet sizing of demand responsive transportation services with time windows. *Transportation Research, Part B: Methodological*. Volume 40, Issue 8. Pages 651-666.
12. Dinwoodie J., Roe M., y Song D. (2007). Integrated vehicle fleet-sizing, leasing and dispatching policy in a shuttle service system. *International Journal of Logistics: Research and applications*. Vol. 10 No. 1.
13. Du Y., y Hall R. (1997). Fleet sizing and empty equipment redistribution for center-terminal transportation network. *Management Science*. Vol. 43 No. 2.
14. Fagerholt, K. (1999). Optimal fleet design in a ship routing problem. *International Transactions in Operational Research* 6 (5), 453–464.
15. Gertsbach I., y Gurevich Y. (1977). Constructing an optimal fleet for a transportation schedule. *Transportation Science*. Vol 11. No 1.
16. Ghiani G., Laporte G., y Musmanno R. (2004). *Introduction to logistics systems, planning and control*. Wiley Interscience Series in systems and optimization. John Wiley and Sons Ltd.
17. Hartman J. (2001). An economic replacement model with probabilistic asset utilization. *IIE Transactions*, Vol. 33 Issue 9, p. 717, 11 p.
18. Hoff Aridl, Henrik Anderson, Marielle Christiansen, Geir Hasle, Arne Lokketangen (2010). Industrial aspects and literature survey: Fleet composition and routing. *Computers & Operations Research*. Volume 37, Issue 12. Pages 2041-2061.

19. Jones P., y Zydiak J. (1993). The fleet design problem. *The engineering economist*. Vol. 38 No. 2.
20. Jordan W., y Turnquist M. (1986). Fleet sizing under production cycles and uncertain travel times. *Transportation science*. Vol. 20 No. 4.
21. Keles P., & Hartman J. (2004). Case study: Bus fleet replacement. *Eng Econ* 49(3): 253–278.
22. Klineciewicz, J.G., Luss, H., Pilcher, M.G. (1990). Fleet sizes planning when outside carrier service are available. *Transportation Science* 24, 169–182.
23. Koster R., Savelsberg M., y Vis I. (2005) Minimum vehicle fleet size under time – window constraints at a container terminal. *Transportation Science*. Vol. 39 No. 2.
24. Levin A. (1971). Scheduling and fleet routing models for transportation systems. *Transportation Science*, Vol. 5 Issue 3, p. 232, 24 p, 16.
25. Lopez L., y Prado P. (2007). Scatter search for the fleet size and mix vehicle routing problem with time windows. *Central European Journal of Operations Research*, Vol. 15 Issue 4, p 351-368, 18 p.
26. Sherali Hanif D., Lawrence W. Maguire (2000). Determining rail fleet sizes for shipping automobiles. *Interfaces*. Vol. 30, 6.
27. Martin-Lof (1970). A branch and bound algorithm for determining the minimal fleet size of a transportation system. *Transportation Science*, Vol. 4 Issue 2, p 159, 5 p.
28. Orlin J. (1982). Minimizing the Number of Vehicles to Meet a Fixed Periodic Schedule. An application of periodic posets. *Operations Research Society of America*. Vol. 30 Issue 4, p760-776, 17p.
29. Papier, F., U. W. Thonemann (2008). Queuing models for sizing and structuring rental fleets. *Transportation Science* 42(3) 302-317.
30. Parikh S. (1977). On a fleet sizing and allocation problem. *Management Science*, Vol. 23 Issue 9, p. 972-977, 6p.
31. Wu Peiling, Hartman Joseph C. & Wilson G. (2005). An Integrated Model and Solution Approach for Fleet Sizing with Heterogeneous Assets. *Transportation Science*. Vol. 39 No. 1.
32. Ortiz S. Oswaldo, Godelia Canchari S., Silvia Iglesias L., Mario González T. (2007). Simulación determinística y estocástica para dimensionar y seleccionar equipo y elegir alternativas de minado en la explotación minera superficial. *Revista del instituto de investigaciones FIGMMG*. Vol.10, N° 19, pp 3550.
33. Velázquez, J. (2008). Modelo para la aplicación del enfoque de sistemas a la innovación del sector autotransporte en México. Tesis. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigaciones económicas, administrativas y sociales.
34. Waddell R. (1983). A Model for Equipment Replacement Decisions and Policies. *Interfaces*. Vol 13. No. 4.
35. Wu Peiling & Joseph C. Hartman (2010). Case study: solving a rental fleet sizing model with a large time–space network. *The Engineering Economist*. Vol. 55. No. 1. Pgs. 71-104. DOI: 10.1080/00137910903577803.
36. Touran, A. y K.A. H. Taher. (1998). Optimum fleet size determination by queuing and simulation. *Construction Management and Economics*, 6:295-306, United Kingdom: E.& F. N. Spon.

Estudio para la conservación en anaquel de la hoja de papata (*Canna indica*) a través del diseño experimental

E. Romero Tagal¹, E. A. Bandala Martínez¹, G. Martínez Castellanos¹, , M.F. Báez Duran¹ I. Rodríguez Montoro^{1*}

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico, Superior de Misantla, Km. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, C.P. 93821, Misantla, Veracruz-México.

*irodriguez@itsm.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen.

Las comunidades rurales de México complementan sus alimentos con variadas especies de plantas recolectadas de la vegetación de su entorno, y ejercen prácticas tradicionales para asegurar su disponibilidad, aprovechamiento y recuperación económica. Una de estas especies es la planta de Papata (*Canna indica*) con un alto valor cultural y económico para la región de Misantla-Veracruz. En el presente estudio se realizó un análisis experimental que demostró los tiempos más adecuados para conservar las hojas de papata en vida de anaquel bajo las condiciones de almacenamientos culturales (bolsa de polietileno y enrollada). Se empleó el Diseño de experimentos por bloques en un cuadrado grecolatino, con apoyo de Minitab®, a través de 6 tratamientos, 3 réplicas y 11 bloques, el análisis demostró que el mejor de los tratamientos para Maximiza la vida útil de la hoja en anaquel fue el tratamiento con bolsa de polietileno a temperatura refrigeración ($6 \pm 2^\circ\text{C}$), con un máximo de 10 días de estabilidad en condiciones óptimas para su uso.

Palabras clave: *Diseño experimental, Bloques, Cuadro grecolatino, Canna indica, Conservación.*

Abstract.

Mexico's rural communities supplement their food with varied species of plants collected from the vegetation of their surroundings, and exercise practices to ensure availability, development and economic recovery. One of these species is Papata plant (*Canna indica*) with a high cultural and economic value for the region Misantla-Veracruz. In the present study an experimental analysis that demonstrated the most appropriate times to preserve leaves papata in shelf life under conditions of cultural storage (polythene bag and rolled) was performed. Design of experiments blocks are used in Greco-Latin square, with support from Minitab® through 6 treatments, 3 replicates and 11 blocks, the analysis showed that the best treatment for Maximizes life of the blade shelf treatment was polyethylene bag to refrigeration temperature ($6 \pm 2^\circ\text{C}$), with a maximum of 10 days under optimal conditions of stability for use.

Keywords: *Experimental design , blocks, Greco-Roman Table , Canna indica, Conservation .*

Introducción.

El diseño de experimentos (DOE) es una técnica que consiste en realizar una serie de experimentos en los que se inducen cambios deliberados en las variables de un proceso, de manera que es posible observar e identificar las causas que originan los cambios en la respuesta de salida (Montgomery, 2005), con esta técnica se puede conseguir muchos beneficios por ejemplo, mejorar el rendimiento de un proceso y reducir su variabilidad o los costos de producción entre muchos. En la ingeniería, la experimentación suele ser casi natural, ya que es una vía esencial de los procesos de toma de decisiones en la investigación científica, permitiendo interpretar innumerables sistemas y procesos.

Estos diseños de experimentos se clasifican en diferentes métodos, según el objetivo de la investigación, por lo que la determinación de los objetivos del experimento es la prioridad y posteriormente vendrá la selección de los factores del proceso y sus niveles (Cortés, Ballesteros, & Zamudio, 2007). Los diseños de experimentos más comunes según (Badii, Cortez, & Quiroz, 2007) son: **a) Diseño completamente al azar**; con una eficiencia del 100%, fácil de diseñar, fácil de analizar, diferentes números de repeticiones, máximo grados de libertad por error, con una eficiencia de 100%, **b) Diseño de Bloques al azar**; con un factor de variabilidad, reduce la varianza del error, fácil de analizar, más flexibilidad, más precisión, eficiencia del 167%, **c) Diseño de cuadrado Latino**; con 2 factores de variabilidad, reduce la varianza de error, fácil de analizar, más flexibilidad, más precisión, eficiencia del 222%, **d) Diseño factorial**, con asignación al azar, más de 1 factor, más económico, permite medir las interacciones con una eficiencia 288. Sin embargo a todo lo anterior se le anexa los siguientes diseños experimentales que han surgido con mucha fuerza: **a) Diseño de superficie de respuesta**: Estrategia que permite conocer el funcionamiento de un sistema o proceso y encontrar las condiciones óptimas de funcionamiento, permitiendo mejorar los resultados en cuanto a costo, tiempo, eficiencia, productividad y /o calidad, **b) diseño robusto o diseño Taguchi**; Los diseños experimentales de Taguchi, están basados en arreglos ortogonales. Normalmente se identifican con un nombre como L, que indica un arreglo con 8 corridas (Kavaranaugh, 2002), **d) diseño de mezclas**: ver (Pinillos & Lopera, 2009), por ultimo pero no menos importante **d) Diseño de cuadrado Greco-Latino**; considerar como una extensión del cuadrado latino en el que se incluye una tercera variable de control o variable de bloque, enfocando la atención en este último por el diseño experimental de esta, con él se pueden controlan tres factores de bloques además del factor de tratamientos. Se llama cuadro grecolatino porque los cuatro factores involucrados se prueban en la misma cantidad de niveles, de aquí que se pueda escribir como un cuadro y se utilizan letras latinas para denotar a los tratamientos y letras griegas para nombrar los niveles o bloques del tercer factor del bloque. Al igual que en el cuadro latino, cada letra (latinas y griegas) debe aparecer sólo una vez en cada renglón y en cada columna. Además, cada par de letras debe aparecer sólo una vez en todo el arreglo (Artamónova, Fernandez, & Mosquera, 2010).

Por todo lo anterior se hace énfasis en la importancia de los diversos diseños de experimentos existentes y los beneficios que se consiguen al aplicarlos de acuerdo a los objetivos de las investigaciones, por lo tanto el diseño de experimentos es una herramienta sistemática que puede utilizarse en la resolución de problemas y mejoras desde la ingeniería. En la práctica, para realizar un diseño de experimentos se cambian deliberadamente una o más variables del proceso, a las cuales se denomina factores, con el fin de observar el efecto que estos cambios producen sobre una determinada propiedad a la cual se denomina respuesta.

La aplicación de manera general del Diseño de experimento en la industria comprende campos como la Química (Yang, Bi, & Mao, 2002) y (Cortés, Ballesteros, & Zamudio, 2007), la Ingeniería Industrial (Du, 2002), la agroindustria (Galindo, Rosales, & Rodríguez, 2007). No se han encontrado evidencias de investigaciones relacionadas a los envases de hojas o material similar en ningún tipo de experimentos.

Metodología.

Un diseño de experimentos implica mucho más que decidir cuáles son las condiciones en las que se realizarán cada uno de los experimentos necesarios para conseguir el objetivo; se deben considerar, además, varias etapas previas y posteriores a la ejecución de tales experimentos. Para llevar a cabo este experimento se siguió la metodología de diseño de experimentos de (Montgomery, 2005) que consiste en 7 pasos y es la base de muchas otras. A continuación se describen los pasos que se utilizaron para llevar a cabo el experimento.

1. Identificación y Enunciación del Problema.
2. Elección de los factores, niveles y riesgos.
3. Selección de la variable de respuesta
4. Elección del diseño experimental.
5. Realización del experimento
6. Análisis Estadístico de los datos.
7. Conclusiones y recomendaciones.

1. Identificación y Enunciación del Problema.

Con el objeto de analizar la vida de anaquel y favorecer la comercialización de la hoja de papata (*Canna indica*) desde puntos de venta específicos, se decidió someter a la hoja (producto) a una serie de tratamientos que podrían favorecer la conservación de la calidad de estas.

La planta de papata es de uso ornamental en parques y jardines, así como cultivo regionalista para la elaboración de alimentos. El desarrollo del presente trabajo se basa en el estudio de las hojas de papata (*Canna indica*), conocida en la región de Misantla como “hojas para tamal” debido a su uso: para envolver alimentos tradicionales de la región como tamales, empapatas, entre otros alimentos.

El cultivo de esta planta resalta como uno de cultivos predominantes de la región, que al ser un producto perecedero, su comercialización es limitada, meramente regional, siendo los principales lugares de distribución Misantla, Vega de la Torre, Nautla, Yecuatla, Colipa, Juchique de Ferrer y Martínez de la Torre, todos en el estado de Veracruz. Este producto es distribuido a través de los mismo agricultores quienes lo venden de manera ambulante, en tiendas, mercados locales y en los últimos años en empresas comercializadoras como “Farmacias Medina” que están ofertando este producto en su forma tradicional, mediante rollos de 100 y 50 hojas, unidas por un listón de palma para sujetar y mantener el rollo en posición vertical.

En cuanto a la frecuencia de empleo de este producto para la elaboración de alimentos, se determina que al menos un 26% de las familias de la región, elabora una vez por semana alguno de los alimentos típico de la hoja de papata, un 31% al menos cada 15 días y un 43% por lo menos una vez al mes (Lambert, 2010).

Una vez detallado lo anterior se planteó como objetivo principal determinar las mejores condiciones para alargar la vida útil de la hoja de papata (*Canna indica*), centrando su análisis en una serie de tratamientos a los cuales fueron sometidos 18 réplicas de 10 hojas de papata (*Canna indica*) cada uno.

2. Elección de los factores

Se eligieron dos factores de temperaturas: ambiente ($27 \pm 3^{\circ}\text{C}$) y refrigeración ($6 \pm 2^{\circ}\text{C}$) debido a las condiciones en que se almacenan actualmente, y con 3 factores de procesamiento en fresco (con bolsa, sin bolsa y enrollado), este último factor debido a la variabilidad de productores y la forma en que la distribuyen. Los bloques se eligieron inicialmente de 2 en dos días, sin embargo se incrementó a partir del día 16 cada 4 días debido a la vida de anaquel en refrigeración, se tomaron los pesos desde el día 0 hasta el día 28, se trabajó con los datos de esta manera para poder tomar diversos bloques de días.

3. Selección de las variables de respuesta

La variable de respuesta fue el peso de cada una de las réplicas, debido a la gran superficie de la hoja y el efecto directo de la pérdida de humedad sobre la conservación de la calidad, analizando las muestras desde el día 0 hasta el día 28.

4. Elección del diseño experimental.

Se empleó una modificación del diseño por bloques completamente al azar acomodado como un diseño cuadrado grecolatino de 11×6 , originando 66 tratamientos. Los bloques fueron los días (11 bloques), los experimentos que se pueden ver equivale al peso, experimento(A, B, C, D, E Y F) y la réplica (α , β , γ) datos tomados al azar de todas las muestras analizadas (tabla 1).

Las letras latinas representan, al tipo de tratamientos que se tomaron para llevar a cabo el diseño: A (Con bolsa en refrigeración), B (Sin bolsa en refrigeración), C (Enrollado en refrigeración), D (Con bolsa a temperatura ambiente), E (sin bolsa a temperatura ambiente) y F (enrollado a temperatura ambiente). Las letras griegas representan las réplicas de cada uno de los experimentos llevados a cabo.

DÍAS (BLOQUES)	EXPERIMENTOS					
0	206.8 A α	182.2 B β	161.8 C α	183 D β	186.2 E γ	150.2 F γ
2	201.1 A β	145.7 B α	161.3 C γ	195 D α	157.1 E β	154.4 F β
4	197.2 A γ	189.7 B γ	155.4 C β	194.2 D α	157.2 E α	147.8 F α
6	199.3 A α	175.1 B β	155.4 C γ	190.7 D γ	142.8 E β	143.4 F α
8	191.2 A γ	135.7 B α	150.6 C γ	187.4 D α	108.3 E γ	139 F α
10	198.3 A α	117.6 B α	146.5 C γ	177.3 D α	107.9 E β	133.4 F β
12	183.3 A β	158.2 B γ	128.9 C α	161.5 D β	132.5 E α	106.7 F β
16	184.9 A γ	101.3 B α	119.3 C β	170.2 D γ	96 E β	108.7 F β
20	172.9 A β	137.1 B γ	121.5 C α	161.3 D γ	71.7 E γ	104.9 F α
24	169.7 A α	124.8 B β	110.6 C β	135.2 D β	27.4 E γ	83.2 F α
28	168.9 A γ	107.9 B γ	89.7 C β	105.1 D β	13.5 E α	66.9 F α

Tabla 1. Diseño cuadrado grecolatino 11x6 empleado.

El modelo matemático del experimento es el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

$$i=1,2,3,4,5,6$$

$$j=1,2,3,4...11$$

$$k=1,2,3$$

$$\sum_{i=1}^6 \alpha_i = 0 ,$$

$$\sum_{j=1}^{11} \beta_j = 0 ,$$

$$\sum_{k=1}^3 \gamma_k = 0$$

$$\varepsilon_{ijk} \approx N(0, \sigma) \text{ independientes}$$

Dónde:

Y_{ij} = peso en gramos de la hojas de papata, en el día j con el tratamiento i replica k

μ = Representa la media poblacional de la variable de respuesta

α_i = efecto medio adicional, debido al tratamiento i

β_j = Efecto medio adicional debido al día j

γ_k = Efecto medio adicional debido a la réplica k

ε_{ijk} = Representa el error aleatorio

Hay que señalar que con este modelo, se está suponiendo que no existe interacción entre el factor y los bloques. Esto significa que si hay diferencias entre soluciones cualesquiera, estas se mantienen en todos los días j .

La variable dependiente se analizó mediante la siguiente hipótesis

Tratamientos

Hipótesis nula Las medias de los tratamientos son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Bloques

Hipótesis nula Las medias de los bloques son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

5. Realización del experimento

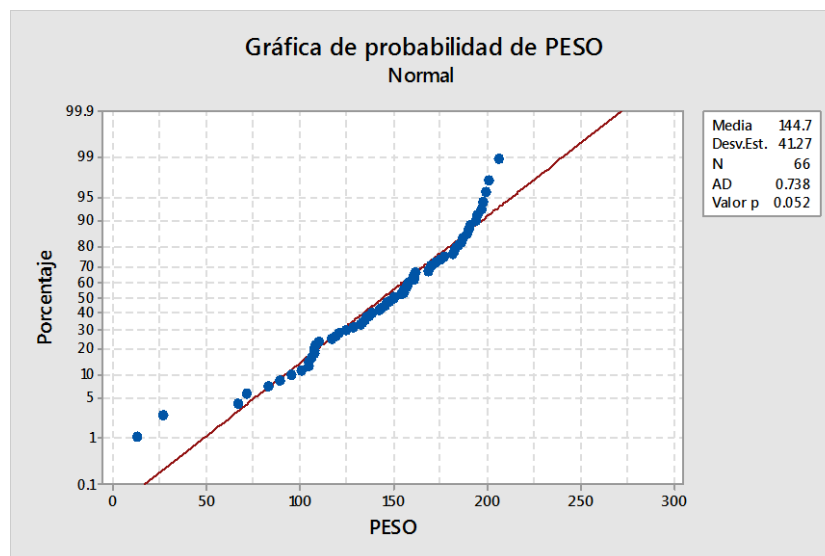
Se llevó acabo la realización del experimento durante 28 días, durante los cuales se tomaron los pesos de los 18 rollos en gramos en este tiempo (Imagen 1). Para evitar la evaporación de agua y la pérdida de calidad, se utilizó una atmósfera controlada para 2 de los tratamientos (A, B), la cual es una técnica de conservación en la que se interviene modificando la composición gaseosa de la atmósfera en una cámara frigorífica, en la que se realiza un control de regulación de las variables físicas del ambiente (temperatura, humedad y circulación del aire).



Imagen 1. Fase experimental. Rollo refrigeración con bolsa a 0, 7, 14 y 28 días

6. Análisis Estadístico de los datos.

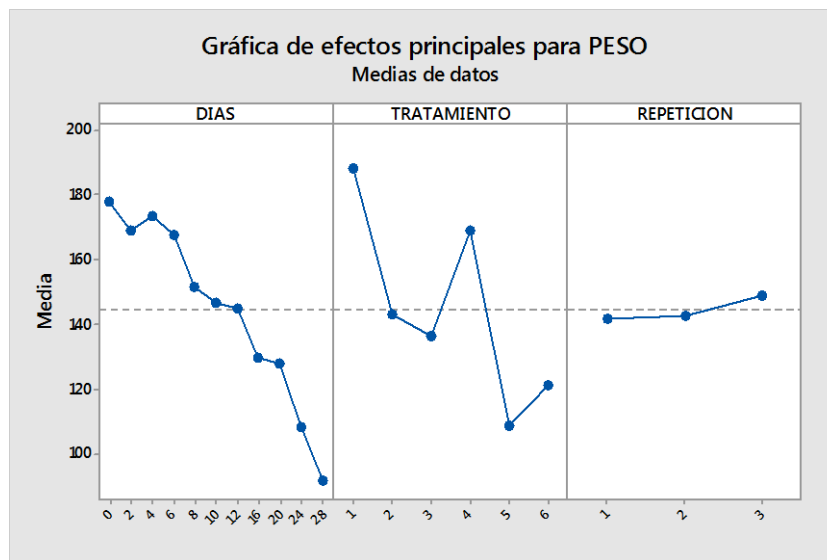
Para poder realizar el ANOVA, se verificó la normalidad de los datos de la variable de respuesta, como se muestra en la figura 2. La regla de decisión para la prueba de normalidad es que si su P- value es mayor a 0.05 con un nivel de confianza del 95%, entonces los datos son normales. En este caso p-value es de 0.052, por lo que se concluyó que los datos fueron normales y por tanto la evaluación de ANOVA factible.



Grafica 1. Normalidad de la variable de respuestas

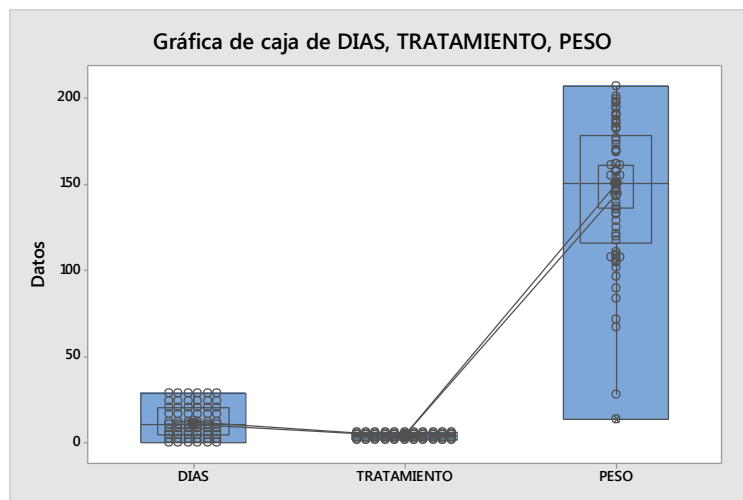
Los resultados obtenidos de los datos tomados a la muestra conformada por 3 réplicas para cada tratamiento en los días correspondientes, se compararon con un nivel de confianza del 95% para el experimento.

En base a la variable respuesta (peso), que fueron los días el que la hoja de papata se sacó la media de los datos en los días de acuerdo a la gráfica 2, del 0 al 12^{vo} día se encuentra arriba de la media, sin embargo, de los 6 tratamientos que se ejecutaron, solo 2 se encontraban arriba dela media (A y D). En la gráfica 2 se realizaron las gráficas de Efectos Principales.



Grafica 2. Grafica de efectos principales para días, tratamientos, repetición

En la gráfica 3 se muestra el diagrama de caja de los días, tratamientos y los pesos, en este último debido al análisis de datos atípicos de algunos pesos, se tuvieron algunos máximos y mínimos como el valor de 13.5 g, sin embargo no se descartó del estudio debido a que el producto por sus propias características de superficie y extensión, promueve una alta evaporación superficial del agua, con la consecuente variación, además de que el tiempo promueve cada vez más este efecto.



Grafica 3. Grafica de cajas para días, tratamientos, peso

Resultado y discusión

El tratamiento estadístico involucrado en este método (cuadro grecolatino) fue aplicado a los bloques experimentales, en minitab®.

Los resultados del análisis de varianza, arrojó la información del ANOVA (Tabla 2).

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Regresión	12	71980	5998.3	8.20	0.000	
TRATAMIENTO	1	25109	25109.3	34.34	0.000	
REPETICION	1	15	14.8	0.02	0.887	
DIAS	10	46351	4635.1	6.34	0.000	
Error	53	38752	731.2			
Total	65	110731				

Tabla 2. Tabla ANOVA para el diseño

Los coeficientes de P-Value inferiores al 5% recae sobre los tratamientos (A, B, C, D, E, F) con un P-value de 0.000 y sobre los días (0, 2, 4, 6,8, 10, 12, 16, 20, 24 y 28) con un P-value de 0.000, lo que significó que ambos factores tuvieron un efecto estadísticamente significativo pada la evaluación de los pesos de las hojas de papata para un nivel de confianza del 95%. Debido a lo anterior y tomando en cuenta las variables significativas para el análisis se analizaron los coeficientes de los días para tomar la mejor decisión de la conservación de la vida útil en anaquel de la hoja de papata (Tabla 3). De todo lo anterior se concluyó que no existieron evidencias suficientes para aceptar la hipótesis nula.

Coeficientes					
Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	217.2	16.7	13.01	0.000	
TRATAMIENTO	-11.50	1.96	-5.86	0.000	1.01
REPETICIÓN	0.59	4.16	0.14	0.887	1.06
DÍAS					
2	-9.0	15.7	-0.57	0.571	1.85
4	-4.5	15.7	-0.28	0.777	1.85
6	-10.4	15.7	-0.66	0.510	1.83
8	-26.1	15.7	-1.67	0.101	1.83
10	-31.1	15.9	-1.96	0.055	1.88
12	-33.0	15.7	-2.10	0.040	1.83
16	-48.2	15.6	-3.08	0.003	1.82
20	-50.0	15.6	-3.20	0.002	1.82
24	-69.6	15.7	-4.42	0.000	1.85
28	-86.2	15.7	-5.50	0.000	1.83

Tabla 3. Coeficientes para los términos constantes (días)

De los coeficientes analizados para los bloques de días, se tuvo que los bloques significativos fueron los bloques de 12, 16, 20, 24 y 28 días.

Al ser significativo para el análisis los tratamientos se analizan los tratamientos A, B, C, D, E y F (tabla 3).

Medias				
TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
1	11	188.51	13.45	(169.04, 207.98)
2	11	143.21	30.04	(123.74, 162.68)
3	11	136.45	23.89	(116.98, 155.92)
4	11	169.17	27.80	(149.70, 188.64)
5	11	109.1	54.4	(89.7, 128.6)
6	11	121.69	29.38	(102.22, 141.16)
Desv.Est. agrupada = 32.2827				

Tabla 3. Medias de los tratamientos(A, B, C, D, E y F)

Con la media y la desviación estándar de los datos anteriores se observó que los limites para el tratamiento 1 (con bolsa en refrigeración) fue el mejor que todos los demás debido a que la media de 188.51 y su límite superior e inferior (169.04, 207.98) nos dio un mejor margen de peso comparado con el tratamiento (con bolsa a temperatura ambiente). De acuerdo con los efectos del análisis realizado, En la gráfica 3 se muestra el diagrama de caja de los días, tratamientos y los pesos, en este último debido al análisis de datos atípicos de algunos pesos, se tuvieron algunos máximos y mínimos como el valor de 13.5 g, sin embargo no se descartó del estudio debido a que el producto por sus propias características de superficie y extensión, promueve una alta evaporación superficial del agua, con la consecuente variación, además de que el tiempo promueve cada vez más este efecto.

Conclusiones

El diseño de experimentos es una técnica que puede ayudar a conocer un proceso. Permite averiguar la fórmula correcta para la solución del problema así como diversos factores presentes en él influyen sobre la respuesta y ajustarlos en los niveles que optimicen los resultados.

El objetivo de este trabajo fue analizar la vida de anaquel de la hoja de papata (*Canna indica*) bajo condiciones de almacenamiento controlado y probarlo a través de la metodología propuesta por Montgomery para la realización de un experimento, aplicándolos al caso de conocimiento y maximización de la vida útil en anaquel. En este caso, a través de haber realizado un número relativamente pequeño de experimentos, la técnica DOE a través del diseño de experimentos por bloque en un cuadrado greco-latino permitió determinar que la condición de almacenamiento (bolsa) fue de gran impacto obteniendo resultados que permiten establecer que la hoja de papata debe ser colocada en bolsas de polietileno en almacenamiento refrigerado con una media de 188.51 g, con una confianza del 95 %, lo que permite establecer que se pueden alcanzar hasta 10 días de almacenamiento conservando la calidad del producto. Por tanto, las condiciones elegidas de transporte y almacenamiento dependen en gran medida del tomador de decisiones, debido al incremento de costo por el uso de la refrigeración.

Con los resultados de este estudio se puede mejorar el aprovechamiento y favorecer la comercialización de la hoja de papata, ya que permite realizar nuevas prácticas culturales de manera adecuada para el cuidado y conservación de la hoja, al ser un producto perecedero de gran fragilidad.

Trabajos a futuros

Análisis experimental con otros envases y embalajes para cadenas comerciales estatales que incremente los resultados obtenidos, así mismo el análisis costo beneficio de cada una de las alternativas, para revisarlo de diversas perspectivas (económico, factible, diseño experimental, etc.).

Agradecimientos

Agradecemos al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo y patrocinio para la realización de esta investigación a través del proyecto de Becas del Posgrado Nacional de Calidad (PNPC).

Referencias

1. Artamónova, I., Fernandez, S., & Mosquera, J. (2010). Análisis del Rendimiento de los Estudiantes Aplicando Diseño de Experimentos: Caso Particular. *Scientia Et Technica*, 16(44), 2-7.
2. Badii, M., Cortez, K., & Quiroz, H. (2007). Analisis de Clusters. *Técnicas Cuantitativas en la Investigación. UANL, Monterrey*, 15-36.
3. Cortés, H., Ballesteros, M., & Zamudio, A. (2007). Optimización de una metodología para la extracción de la humina de un oxisol de Colombia. Fraccionamiento y caracterización fisicoquímica. *Revista Colombiana*, 36(3), 335-348.
4. Du, Z. (2002). Modeling Approach of Regression Orthogonal Experiment Design for the Thermal Error Compensation of a CNC Turning Center. *Journal of Materials Processing Technology*, 129, 619-623.
5. Galindo, S., Rosales, O., & Rodríguez, J. (Enero-Julio de 2007). Aplicación de un diseño experimental en una empresa productora de leche de ganado bovino. *Conciencia Tecnológica*, 33, 45-49.
6. Kavaranagh, C. (2002). Los diseños de Taguchi contra los diseños clásicos de experimentos. *Conciencia Tecnológica*.

7. Montgomery, D. (2005). Design and Analysis of Experiments. 6ed.ed. 1. Jolm Wiley & Sonso.
8. Pinillos, J., & Lopera, C. (2009). Elaboración de una formulación farmacéutica a través de un diseño experimental de mezclas. *VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 338-353.
9. Yang, C., Bi, X., & Mao, Z. (2002). Effect of reaction engineering factors on biphasic Hydroformylation of 1 dcocente catalyzed by water soluble. *Journal of Molecular Catalysis a Chemical*, 100, 35-46.
10. Jiju A. (2014). Design of experiments for engineers and scientists. Ed. Elsevier
11. Kuehl O. (2013). Diseño de experimentos: *Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones*. 2ª. ed. Tomson. México.

Aplicación de un MDOE en la optimización de la estabilidad térmica de un compuesto de poli cloruro de vinilo.

D. Yépez Padrón¹, H. Carrillo Rodríguez², F.J. García Rodríguez³, J. Navarrete Damian⁴, L. A. García Cerda⁵

^{1,2,3} Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Celaya, Av. García Cubas 1200 Esquina Ignacio Borunda, Celaya, Guanajuato, México.

⁴ Centro Regional De Equipo de Celaya, Diego arenas 901, Zona de Oro 1, Celaya, Guanajuato, México.

⁵ Centro de Investigación en Química Aplicada, Blvd. Enrique Reyna # 140, Saltillo Coah., México

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

Se realizó la optimización de un compuesto de PVC por medio de la metodología del diseño de mezclas, la formula básica de un compuesto de PVC está conformada de diez aditivos, antes de plantear el diseño de mezclas se realizó un control del proceso de mezclado conjuntamente con un diseño factorial para filtrar los aditivos para su formulación. Los resultados muestran que solo cuatro aditivos están relacionados directamente con la estabilidad térmica en un compuesto de vinilo, en donde los lubricantes de la formula retardan la degradación del Policloruró de vinilo (Deshidrocloración), obteniendo una fórmula que satisface los requerimientos en las pruebas de reómetría y físico-mecánicas necesarias para la comercialización del producto.

Palabras Clave: Policloruró de vinilo, Estabilidad térmica, Diseño de mezclas (MDOE).

Abstract

For a formula that satisfies the requirements in testing and physical-mechanical Rheometry required for marketing the product. Optimizing a PVC compound through the mixture design methodology was performed, the basic formula of a PVC compound is composed of ten additives, to achieve the optimization of the formula was raised a Mixtures design of experiments, before to make MDEO a Factorial DEO was a filter to some factors that no are significatives. The results show that only four additives are directly related to the thermal stability of a vinyl compound, where lubricants and processing aids of the formula retard the degradation of polyvinyl chloride (dehydrochlorination).

Key Words: Polyvinyl chloride, Thermal stability, Mixtures design of experiments (MDOE).

Introducción

La formulación típica de un compuesto de Policloruro de vinilo es de alrededor de 10 aditivos, las formulaciones deben de contener: estabilizadores térmicos, ayudas de proceso, modificadores de impacto, lubricantes internos y externos, cargas y protectores U.V., etc. Se debe de considerar que cualquier cambio en la composición afecta la formula, ocasionando que algunas fórmulas y métodos de producción se vuelvan obsoletos (Wypych, 2009).

El proceso de mezclado es una operación sencilla pero de gran importancia, de esta dependen los resultados obtenidos en la operación y el buen desempeño del producto en condiciones de Intemperismo, así como la maniobrabilidad de los productos para el fin al cual fueron destinados. El proceso de mezclado es llevado a cabo en tres etapas, en las cuales se analiza el material, se pesa y se mezcla en una turbo mezcladora Henschel. Posteriormente el material es puesto en reposo por un periodo de 16 horas, buscando que el material estabilice sus cadenas moleculares "Cross linking", la prueba de estabilidad térmica es realizada en fase estática y fase dinámica.

Desde que los polímeros sintéticos comenzaron a emplearse, han interesado a todos los procesos, que desencadenados por la acción de factores externos (Calor, Condiciones ambientales, radiaciones, etc.) conducen al deterioro de su estructura (Tomaszewska, Sterzyński, & Kazimierz, 2008). Los estabilizadores térmicos fueron desarrollados empíricamente por muchos años, sin un completo conocimiento de la química. La deshidrocloración del PVC forma secuencias de polienos conjugados, estos imparten un color no deseado al polímero cuando el número de dobles enlaces que contienen son suficientemente largos, generando cloros lábiles (Zwefel, Maier, & Schiller, 2009). La optimización del compuesto de vinilo se realizó en fase dinámica en un reómetro, en donde se reproduce de manera controlada la extrusión, las mezclas obtenidas de los diseños de experimentos durante la prueba de estabilidad térmica en el brabender deben de mantener el torque bajo y la estabilidad térmica por encima de los 28 minutos. Para llevar a cabo el planteamiento del diseño, se realizó un control del área de pesado con la calibración de los equipos y dispositivos de medición de la mezcladora, para garantizar los datos obtenidos.

En este trabajo se propone una formulación que aumentara la estabilidad térmica con las cantidades correctas de los aditivos, manteniendo la presión y amperaje con valores bajos en el proceso de extrusion tratando de ganar un rango mayor de operabilidad en el proceso.

Metodología

Para realizar el planteamiento del MDOE (Mixture Design of Experiment), es necesario el control de los procesos que conlleva la elaboración del compuesto, como se explicó en la sección anterior el proceso de mezclado se realiza en tres sencillas etapas:



Figura 1 Metodología

Analisis de materia prima

El control de este proceso consiste en la estandarización de las pruebas realizadas a la materia prima; el color (X-Rite SP-62), el tamaño de partícula (AND HR-200) y la humedad (Adam PMB53) son las pruebas comúnmente realizadas así como el método de muestreo, estas pruebas son primordiales para el compuesto, con ellas se garantiza un compuesto con la compactación necesaria en el proceso de extruido, con estas pruebas se reducirá la formación de grumos y no se afectara el color del producto final.

Pesado

El pesado de los aditivos se lleva a cabo en cuatro grupos los cuales son adicionados al proceso de mezclado en sus respectivas temperaturas de proceso. El primer grupo a pesar es la resina de PVC ya que esta representa el 80% del volumen total del compuesto y el estabilizador térmico; El segundo grupo son las ayudas de proceso y el modificador de impacto, los cuales brindan la dureza al producto y promueven la correcta plastificación del compuesto de PVC, en general son acrílicos que hacen el procesado más suave, dando un mejor acabado y una fusión más rápida y temprana pero aumentando la viscosidad de la fusión (Rodriguez, 2014); El tercer grupo son el paquete de lubricantes, los lubricantes se utilizan para disminuir las fuerzas de fricción y reducir el desgaste de dos cuerpos que rozan entre sí. En la industria de transformación de plásticos es frecuente que en diferentes etapas del proceso del polímero aparezcan problemas como consecuencia de una fricción excesiva (Zwefel, Maier, & Schiller, 2009); Y por último se pesan las cargas y protectores Luz Ultravioleta, en este grupo solo se realiza el pesado del carbonato de calcio y del dióxido de titanio, la principal función del carbonato de calcio es la de minimizar el costo de la formulación aunque también brinda de otras cualidades al compuesto, en el caso del Bióxido de titanio este brinda principalmente el color y provee la protección contra la luz ultravioleta (Intemperismo) (Sanchez & Chirinos C., 2014). Para el control del área se realizó la calibración de la báscula (Adam PGL-20001) y medición de la incertidumbre.

Mezclado

El proceso de mezclado se lleva a cabo en dos velocidades, durante la primera velocidad a 1800 revoluciones por minuto (rpm) se realiza la adición de los aditivos a sus temperaturas de acción (Tabla 1) y la segunda velocidad a 2600 rpm inicia cuando todos los aditivos han sido agregados buscando un mezclado intenso para garantizar la homogeneidad del compuesto, para el control solo se tomó en cuenta la lectura enviada por el termopar, debido a que el proceso se realiza manualmente para esto solo se estableció una metodología para el proceso de adición y se controló la temperatura interna de la mezcladora Henschel (Figura 2).

Tabla 1 Temperaturas de adición

Aditivos	Temperaturas de Proceso
Resina de PVC 225-2 K=66	Inicio
Estabilizador Térmico	Inicio
Modificador de Impacto	75 °C
Ayuda de Proceso 1	75 °C
Ayuda de Proceso 2	75 °C
Cera Parafinica	65°C
Cera Polietilenica Oxidada	65 °C

Estearato de Calcio	65 °C
Carbonato de Calcio	85 °C
Bióxido de Titanio	85 °C



Figura 2 SHR experiment high speed mixer

DOE Factorial

Se llevó a cabo un diseño factorial 2^{9-5} (Tabla 2) con la finalidad de filtrar factores, debido a que una formula base se compone de 10 aditivos no es muy factible plantear un MDOE con demasiados factores, para el diseño factorial solo se incluyen 9 factores, una formulación es desarrollada en base al porciento de hule “PHR’s” (por sus siglas en ingles) de cada uno de los aditivos que la conforman y como en el caso de la resina de PVC esta es nuestra estructura vertebral del compuesto siempre se mantendrá con una relación de 100 PHR’s (Tabla 3).

Tabla 2 Diseño factorial 2^{9-5} . Fuente Design Expert

Select	Std	Run	Factor 1 A:A	Factor 2 B:B	Factor 3 C:C	Factor 4 D:D	Factor 5 E:E	Factor 6 F:F	Factor 7 G:G	Factor 8 H:H	Factor 9 J:J	Response 1 R1
	1	3	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	
	2	7	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	
	3	15	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	
	4	13	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	
	5	4	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	
	6	10	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	
	7	9	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	
	8	16	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	
	9	1	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	
	10	8	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	
	11	6	-1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	
	12	12	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	
	13	2	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	
	14	5	1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	
	15	11	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	
	16	14	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

En la tabla anterior se muestra los niveles que tomaran los factores, el nivel de -1 se asignara para el valor más bajo y el nivel de +1 al más alto. Tomando el Factor A: Estabilizador; Factor B: Modificador de impacto; Factor C:

Ayuda de proceso 1; Factor D: Ayuda de proceso 2; Factor E: Cera Parafinica; Factor F: Cera polietilenica oxidada; Factor G: Estearato de calcio, Factor H: Carbonato de calcio; Factor J: Bióxido de titanio.

Tabla 3 Rangos de aplicación de los Aditivos compuesto de PVC.

	Phr's
Resina de PVC 225-2 K=66	100
Estabilizador	1-1.7
Modificador de Impacto	5-6
Ayuda de Proceso 1	0.5-1.5
Ayuda de Proceso 2	0.5-1.2
Cera Parafinica	0.8-1.3
Cera Polietilenica Oxidada	0.1-0.3
Estearato de Calcio	0.8-1.6
Carbonato de Calcio	4-12
Bióxido de Titanio	6-13

Una vez filtrados los factores de la etapa anterior, se procederá con el planteamiento del MDOE Simplex (Figura 2), en el cual solo se incluirán aquellos que resulten significativos. En la **Ec. (1)** se muestra de forma generalizada la ecuación de diseño de un experimento por mezclas.

$$\text{PHR's Totales} = 100 \text{ phr's (Resina de PVC)} + \text{A+B+C+D+E+F+G+H+J} \quad (1)$$

Donde:

PHR's Totales: Suma total de los Phr's de la formulación

A: Factor A, Estabilizador térmico

B: Factor B, Modificador de impacto

C: Factor C, Ayuda de proceso 1

D: Factor D, Ayuda de proceso 2

E: Factor E, Cera parafinica

F: Factor F, Cera polietilenica oxidada

G: Factor G, Estearato de calcio

H: Factor H, Carbonato de calcio

J: Factor J, Bióxido de titanio

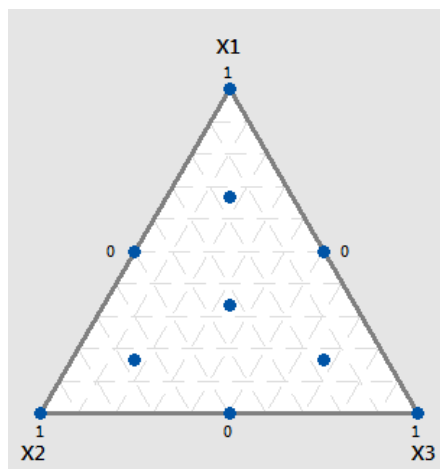


Figura 3 MDOE Simplex

En la figura 3 se muestra un diseño de experimentos por mezclas simples reticular aumentado, este incluye básicamente puntos en la frontera, pero si el experimentador desea hacer predicciones en el interior es recomendable agregar corridas en el interior.

Resultados y discusión

Para el control de las pruebas a materias primas se revisaron que los equipos se encontraran calibrados y que contaran con la resolución necesaria para el desarrollo de estas actividades, para el caso del método de muestreo quedo establecido dentro del procedimiento del laboratorio, el método desarrollado se realizara de manera sistemática, y además el muestreador se encuentra dentro de las especificaciones establecidas por la norma oficial mexicana NMX-Z-012-1-2-1987(MUESTRO PARA LA INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS. PARTE 1: INFORMACIÓN GENERAL Y APLICACIONES).

Para el control del pesado de aditivos se verifico que el equipo contara con la resolución necesaria para llevar a cabo las mediciones, la medición de la incertidumbre y calibración de la báscula fueron llevados a cabo por Centro Regional De Equipos de Celaya, los cuales cuentan con las certificaciones necesarias para realizar la calibración de la báscula (# de informe CC-0230/14), en dicha calibración se detectó que la esquina superior derecha del instrumento de medición “Bascula” contaba con una medición de la incertidumbre de 891.7 gramos (Tabla 4), la estimación de la incertidumbre se realizó conforme a la norma MNX-CH-140-IMNC 2002 con un nivel de confianza del 95% , una vez detectada esta variación se llevó a cabo el del equipo “bascula” y su calibración en sitio (# de informe CC-0012/15).

Tabla 2 Medición de la incertidumbre con el error.

	Carga (g)		Lectura	Error	Incertidumbre
	Nominal	Corregida	(g)	(g)	± U (E) (g)
Error de indicación	2000	2000.000100	2000.0	0.0	89.2
	3260	3260.000572	3260.0	0.0	145.4
	6000	6000.000750	6000.0	0.0	267.5
	8000	8000.000850	7999.9	-0.1	365.7
	10700	10700.003770	10699.7	-0.3	477.1
	12000	12000.003800	11999.7	-0.3	535.1
	14960	14960.004292	14959.6	-0.4	667.0
	16000	16000.004450	15999.6	-0.4	713.4
	18000	18000.004550	17999.5	-0.5	802.6

	20000	20000.009600	19999.4	-0.6	891.7
--	-------	--------------	---------	------	-------

En la tabla 4 se observa que conforme se aumenta el valor nominal la incertidumbre aumento, hasta alcanzar 891.7 gramos para un peso nominal de 20 kilogramos.

Tabla 3 Medición de la incertidumbre sin error

	Carga (g)		Lectura	Error	Incertidumbre
	Nominal	Corregida	(g)	(g)	± U (E) (g)
Erro de indicación	2000	2000.000100	1999.9	-0.1	0.1
	3260	3260.000572	3260.0	0.0	0.2
	6000	6000.000750	6000.0	0.0	0.2
	8000	8000.000850	7999.9	-0.1	0.3
	10700	10700.003770	10699.9	-0.1	0.3
	12000	12000.003800	12000.0	0.0	0.4
	14960	14960.004292	14960.0	0.0	0.5
	16000	16000.004450	15999.9	-0.1	0.5
	18000	18000.004550	18000.1	0.1	0.5
	20000	20000.009600	20000.1	0.1	0.6

La tabla 5 muestra que una vez realizado el ajuste y vuelto a calibrar el valor de la incertidumbre se encuentra en 0.6 gramos para un valor nominal de 20 kilogramos, por lo que se confirma que la báscula no generara algún error durante el pesado de aditivos.

Para la parte de la mezcladora se realizó una comparación entre el termopar que censa las temperaturas en el interior de la mezcladora y un termopar previamente calibrado, para llevar esto a cabo esta comparación se solicitó al personal de CRODE Celaya realizar un estudio de temperaturas (# de reporte CC-0001/15-R) y confirmar el error respecto a la temperatura mostrada en el display y la temperatura real del proceso, una vez se realizó el estudio se confirmó que el error de lecturas es mínimo por lo que se confirma que las lecturas mostradas en el display son las temperaturas reales del proceso.

Realizados los controles de cada uno de los procesos del área de mezclado se procedió a realizar una comparación de estabilidades térmicas (ATR 2120) entre el proceso anterior (Tabla 6) y posterior (Tabla 7), verificando que teniendo un control en el área se obtiene una mejor estabilidad térmica.

Tabla 4 Datos estabilidad térmica antes del control

Variable	N	N*	Media	MSE	Desv.Std.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
A-x	6	0	170.5	39.1	317.9	0.3	60.1	60.5	120.1	1440.1
A-D	6	0	1416.5	73.8	599.4	0.0	1065.5	1501.1	1920.3	2520.6

La tabla 6 muestra los datos estadísticos obtenidos de las seis muestras de retención, utilizadas para realizar la comparación entre el proceso anterior y posterior, en donde A-D representa la estabilidad térmica del compuesto en segundos.

Tabla 5 Datos estabilidad térmica después del control

Variable	N	N*	Media	MSE	Desv.Std.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
A-x	6	0	1.346	0.23	0.515	0.870	0.900	1.130	1.900	1.900
A-D	6	0	25.914	0.136	0.303	25.400	25.650	26.030	26.120	26.170

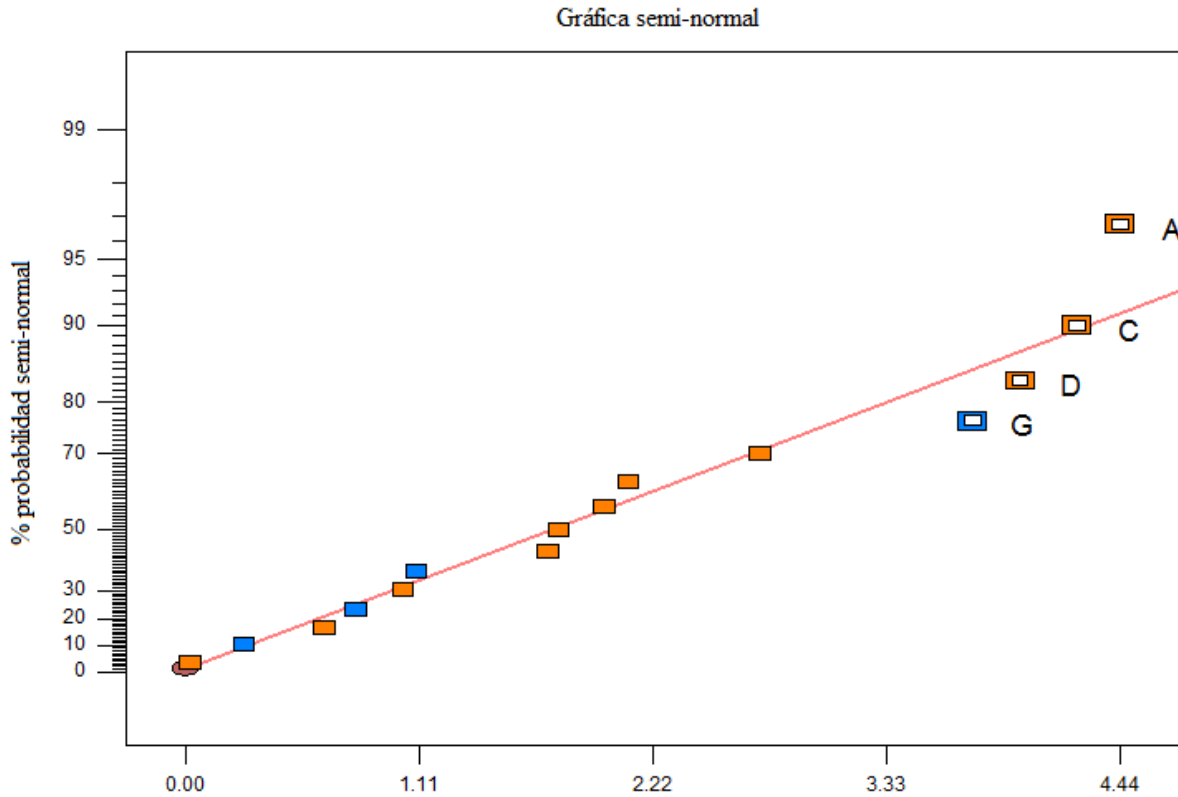
La tabla 7 muestra los resultado, en donde A-D representa la estabilidad térmica del compuesto en minutos, se realizaron seis muestras de retención para el caso de la comparación de cada uno de los escenarios, de las cuales se obtuvo una media de 1416.5 segundos (23.6 min) para el proceso anterior y de 1554.84 segundos (25.91 min) para el proceso en control.

Una vez realizado el control de las áreas se planteó el diseño factorial 2⁹⁻⁵, con los resultados obtenidos de las pruebas de Estabilidad Térmica (Tabla 8).

Tabla 6 Resultados estabilidad térmica, diseño factorial. Fuente Design expert.

Select	Std	Run	Factor 1 A:A	Factor 2 B:B	Factor 3 C:C	Factor 4 D:D	Factor 5 E:E	Factor 6 F:F	Factor 7 G:G	Factor 8 H:H	Factor 9 J:J	Response 1 A-X	Response 2 A-D
1		3	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.04	16.32
2		7	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.8	18.07
3		15	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.2	26.03
4		13	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1	20.14
5		4	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	0.5	21.07
6		10	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.04	26.02
7		9	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	0.46	17.5
8		16	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.2	26.03
9		1	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.02	17.58
10		8	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.33	27.33
11		6	-1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	1.12	17.56
12		12	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.27	27.07
13		2	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.13	26.17
14		5	1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.63	27.4
15		11	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	0.93	27.06
16		14	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.6	32.77

En la tabla 8 se muestran los niveles de cada factor, así como el orden en que se realizaron las corridas, mostrando el valor de A-D correspondiente a cada una de ellas. Del planteamiento del diseño factorial es nuestro interés obtener la gráfica semi-normal obtenida en el Design expert, esta grafica muestra de manera los factores afectan la variable de respuesta en un porcentaje mayor (Grafica 1).



Grafica 1 Grafica semi-normal. Fuente Design expert.

Como se observa en la gráfica 1, los valores que se encuentran más alejados del origen, son aquellos factores que influyen de manera directa nuestra variable de respuesta y aquellos factores que se encuentran cercano a este, son aquellos que la influencia de una manera no-significativa. Una vez observada la gráfica de semi-normal, se analizan los resultados analizando los datos generados en el ANOVA (Tabla 9).

Tabla 7 ANOVA

Fuente	Suma de cuadrados	G.L	Media Cuadrática	Valor F	Valor p Prob.>F
Modelo	269.92	4	67.48	7.25	0.004
A-A	78.94	1	78.94	8.52	0.014
C-C	71.91	1	71.91	7.76	0.0177
D-D	63.04	1	63.04	6.8	0.0243
G-G	56.03	1	56.03	6.05	0.0317
Residuo	101.93	11	9.27		
Total	371.85	15			

De la tabla 9 se confirman los resultados obtenidos en la gráfica de semi-normal, como se puede observar en la tabla del ANOVA el valor P de los factores A, C, D y G se encuentran por debajo de 0.05, lo que significa que nuestra hipótesis nula es falsa, obteniendo que solo los factores por debajo del valor de p son significativos. Con estos resultados se plantea la ec. (2), para realizar el MDOE.

$$\text{PHR's Totales} = 100 \text{ phr's (Resina de PVC)} + \text{A+C+D+G} \quad (2)$$

Donde:

PHR's Totales: Suma total de los Phr's de la formulación

A: Factor A, Estabilizador térmico

C: Factor C, Ayuda de proceso 1

D: Factor D, Ayuda de proceso 2

G: Factor G, Estearato de calcio

Trabajos a futuro

Plantear el diseño de mezclas, complementar los resultados de las pruebas de estabilidad térmica con los datos de tensión y elongación, Vicat, Intemperismo acelerado, Melt index, Heat reversion, Falling mass, Corner welding test.

Conclusiones

El objetivo del proyecto es la optimización de la estabilidad térmica, como se ha mostrado el control de las actividades aumento el tiempo de estabilidad en un 13 %, los pasos fundamentales fueron la calibración de la báscula, el estudio de temperaturas y el orden de pesado de aditivos de manera que se evite una contaminación entre las materias primas del compuesto, la comparación de sistemas actual vs controlado, demuestra un control eficiente del proceso.

Con el filtrado eficiente de los factores se establece que las materias primas del compuesto deben establecerse en un nivel óptimo para la obtención de una mezcla y su procesabilidad, en el filtrado de factores se descartaron aquellos que no generan algún cambio significativo en la variable de respuesta, con este estudio de factores el cual se incluirá en la norma mexicana se podrá enfatizar en un estudio acerca de la vida útil de los perfiles, por consiguiente de esta manera y al colocarse como un estándar se forzara a la competencia a garantizar la misma calidad. Se puede observar que la estabilidad térmica solo depende del: estabilizador térmico, ayudas de proceso y lubricante.

Referencias

- Rodriguez, M. (2014). *Departamento de Ingeniería Química*. Obtenido de Universidad de Alicante: <http://iq.ua.es/TPO/Tema2.pdf>
- Sanchez, N., & Chirinos C., J. J. (Julio de 2014). Estabilizantes Térmicos alternativos para el PVC. *Revista Iberoamericana de Polimeros.*, 15.

- Tomaszewska, J., Sterzyński, T., & Kazimierz, P. (2008). The influence of the chamber temperature in the Brabender measuring mixer on the state of equilibrium of the torque of rigid poly(vinyl chloride). *Polimery*(53), 678-680.
- Wypych, G. (2009). *PVC Formulary*. Toronto: ChemTec Publishing.
- Zwefel, H., Maier, R. D., & Schiller, M. (2009). *Plastics Additives Handbook* (6th ed.). Munich: Hanser Publications.

Transferencia tecnológica para la reducción del tiempo de corte de hoja de maíz en el estado de Puebla

N. Rodríguez Ventura^{1*}, L. M. García Martínez, R. Mora Reyes¹, G. Robles Calderón¹.

¹Cuerpo Académico Innovación y Desarrollo Tecnológico, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II s/n, Aire Libre, Teziutlán, C.P. 73960, Puebla, México.

*caidt2014@yahoo.com.mx

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

El presente proyecto se realizó con la finalidad de poner a disposición de los productores de hoja de maíz una máquina semiautomática que facilite la operación de corte, ya que actualmente no cuentan con un dispositivo o herramienta que les permita realizar esa actividad de forma eficiente y segura. Esta problemática se analizó con productores de la región IV del Estado de Puebla de los municipios de San Andrés Calpan, Domingo Arenas y San Miguel Huejotzingo, quienes a través del corte y venta de la hoja de maíz, han podido obtener beneficios económicos adicionales a los de la comercialización del grano, y quienes se ven de cierta forma limitados ya que no cuentan con las herramientas o equipo necesarios que les permita elevar su producción diaria, situación que demanda una pronta solución ya que con la venta de la hoja, obtienen mayor ganancia económica que con la del mismo maíz.

Palabras clave: Semiautomática, hoja, cortadora, maíz.

Abstract

The following project was carried out in order to make available a semiautomatic machine to the producers of corn husk to facilitate the cutting operation since they currently do not have a device or tool that allows them to carry out this activity efficiently and safely. This issue was discussed with producers of the region IV in the State of Puebla in the municipalities of San Andres Calpan, Domingo Arenas and San Miguel Huejotzingo. The producers have been able to obtain additional economic benefits through cutting and selling corn leaf apart of grain marketing. Besides producers are somehow limited because they do not have the tools or necessary equipment to allow them to increment their daily production, a situation that demands a prompt solution because with the sale of the sheet they gain more profit than with corn itself.

Introducción

Actualmente el sector agrícola tiene un área de oportunidad económica con la comercialización de la hoja de maíz, ya que puede ser vendida siempre y cuando cumpla con características adecuadas de corte, empaque, tamaño de la hoja y capacidad de producción principalmente. Para los productores de hoja, el realizar el proceso completo para la producción y comercialización de la misma no es una tarea fácil, ya que este proceso inicia desde la preparación de la tierra, la selección del grano, la siembra, la eliminación de hierba y plagas, el doblado de la milpa, la cosecha, la extracción de la hoja y finalmente su selección y empaque.

Considerando que en cada una de las etapas antes mencionadas se requiere de mucho esfuerzo físico, este proyecto se desarrolló con el objetivo de poner a disposición de los productores, otra alternativa con la que puedan realizar con mayor eficiencia y menor esfuerzo el proceso de corte de la hoja. Esta iniciativa se desarrolló en colaboración con el Colegio de Posgraduados del Estado de Puebla, bajo un convenio de colaboración previamente establecido entre el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y el Colegio, quienes no tienen inconveniente por la publicación de los resultados del presente trabajo de investigación, puesto que uno de los objetivos primordiales es difundir este tipo de iniciativas en el sector primario y entre aquellos interesados en colaborar en su desarrollo. Este proyecto se desarrolló para los productores de la región IV del Estado de Puebla de los municipios de San Andrés Calpan, Domingo Arenas y San Miguel Huejotzingo, quienes

a través del corte y venta de la hoja de maíz, han podido obtener beneficios económicos adicionales, y quienes se ven de cierta forma limitados ya que no cuentan con las herramientas o equipo necesarios que les permita elevar su producción diaria, situación que demanda una pronta solución ya que con la venta de la hoja, obtienen mayor ganancia económica que con la venta del mismo maíz.

Actualmente el método que utilizan para realizar el corte de la hoja es cien por ciento manual, su herramienta principal son unas pinzas de jardinería o alicates, con las cuales cortan capa por capa las hojas unidas al pedúnculo de la mazorca hasta realizar la extracción de todas, el retirar todas las hojas de esta manera, les lleva aprox. 3 min. por mazorca. La calidad del corte depende de la habilidad y la fuerza del operario ya que ésta herramienta requiere de mucha fuerza muscular y bastante precisión para evitar alguna lesión en el operario debido a que dichas pinzas no están diseñadas para esa actividad.

El objetivo de este proyecto ha sido diseñar y ensamblar una maquina semiautomática de corte de hoja de maíz que cumpla con los requerimientos básicos demandados por los productores de las regiones mencionadas los cuales tienen una población de agricultores en los tres municipios de 1014, con una distribución por municipio de: 291 productores en San Andrés Calpan, 46 en Domingo Arenas y 677 en San Miguel Huejotzingo. Como se puede observar existe gran demanda de un dispositivo o maquina mediante la cual se les facilite el proceso de corte, se disminuya el esfuerzo físico, se incremente la capacidad de producción diaria, se eviten los riesgos y accidentes de trabajo, se disminuyan las enfermedades profesionales ocasionadas por esta actividad, se asegure la calidad del corte y se reduzcan los desperdicios.

Metodología

La función básica del diseño de ingeniería es proporcionar soluciones a los problemas y satisfacer las necesidades de los productos, servicios o sistemas. Este proceso comienza con el reconocimiento o la identificación de estas necesidades y la consideración de la viabilidad económica de su posible solución. De ahí, que cualquier nuevo diseño, así como el proceso relacionado, debe estar impulsado en última instancia por las necesidades del cliente y al mismo tiempo, los productos deben cumplir con los estándares y las regulaciones del gobierno, así como adherirse a las normas o códigos de las organizaciones profesionales. Tomando como base la premisa anterior, esta investigación se dividió en tres etapas:

Etapa I. Análisis de las necesidades

Se realizó una entrevista con varios productores de hoja de maíz y con productores de tamales de los municipios de San Andrés Calpan, Domingo Arenas y San Miguel Huejotzingo. En dicha reunión, se escucharon y analizaron las necesidades tanto de productores como de consumidores de la hoja para ofrecer productos de calidad. Una de las mayores dificultades es realizar el corte de la hoja con rapidez, debido al gran esfuerzo físico que requiere, el proceso completo implica remojar las mazorcas en agua fría durante toda la noche, de igual forma se puede usar agua caliente remojándolas de 2 a 3 horas como mínimo para ablandarlas y evitar así que se rompan o rasguen al momento de cortarlas. Como se mencionó anteriormente este método, les lleva aprox. 3 min. por mazorca, situación que no solo limita la cantidad de producción diaria, sino que exige un gran esfuerzo físico lo que hace que el corte sea cansado y que los cortadores solo puedan mantener un buen ritmo de trabajo durante aproximadamente dos horas como máximo ya que posteriormente requieren de un descanso de por lo menos 20 min para continuar la labor. En la fig. 1 se puede observar el tipo de pinzas que utilizan para cortar capa por capa las hojas unidas al pedúnculo de la mazorca hasta realizar la extracción de todas.



Fig. 1 Corte de la hoja de maíz con el uso de pinzas de jardinería

Después de cortar las hojas, se dejan secar una hora o el tiempo que sea necesario dependiendo de las condiciones climatológicas, quienes determinan el tiempo de secado, esta actividad se debe realizar para evitar que se empaquen húmedas y que se pueda desarrollar algún hongo que las dañe. Una vez que las hojas se han secado, el operario hace paquetes de 25 unidades denominados “muñecos”, para poder formar un rollo con tres de ellos (75 hojas aproximadamente) concluido este proceso se considera lista para hacer llegar al consumidor. Empleando esta técnica el operario tiene la capacidad de hacer un promedio de 13 rollos por día, ganando \$195.00, ingreso que no reditúa, pues de acuerdo a los cálculos realizados, para obtener ganancias se deben vender por lo menos 20 rollos por jornada de trabajo, cantidad que con el método actual no se alcanza a producir. Desafortunadamente en el mercado, no se cuenta con maquinaria y equipo que permita realizar esta actividad de una forma distinta.

Etapa II. Diseño de la Máquina Semiautomática

Considerando las necesidades planteadas, el contexto actual de los agricultores en la región, así como la falta de alternativas en el mercado que puedan realizar el proceso de corte de hoja de maíz, se decidió diseñar una máquina semiautomática que realizara este proceso con la propósito de contribuir a su optimización. Para el diseño de la estación de trabajo se consideraron los principios ergonómicos fundamentales, entre los que destacan: relaciones dimensionales, informativas, de control, de organización, entre otros. Dichos principios analizan los espacios de actividad, de los objetos y del conjunto de acciones que los usuarios realizarán para determinar factores tan importantes como la postura y los movimientos de trabajo. Con base en estos principios se realizaron varias propuestas de diseño a mano alzada y se seleccionó el que se consideró más eficiente por adaptarse a las necesidades biomecánicas, fisiológicas, antropométricas y ergonómicas. El diseño fue llevado a etapa de prototipo mediante la simulación en CAD utilizando Solid Works 2014. Asimismo, siguiendo con las consideraciones anteriores se establecieron como dimensiones: 95cm de altura, 120cm de anchura y 180cm de longitud, considerando en todo momento que el usuario realizará la operación de pie. En la Fig. 2 se puede observar la distribución propuesta de la estación de trabajo, la cual incluye 5 áreas que son: depósito de materia prima (1) , área de operador (2), área de la herramienta de corte (3), depósito de hoja (4) y depósito de merma (5). La estación de trabajo estará elaborada en madera comprimida y será utilizada por un solo operador.

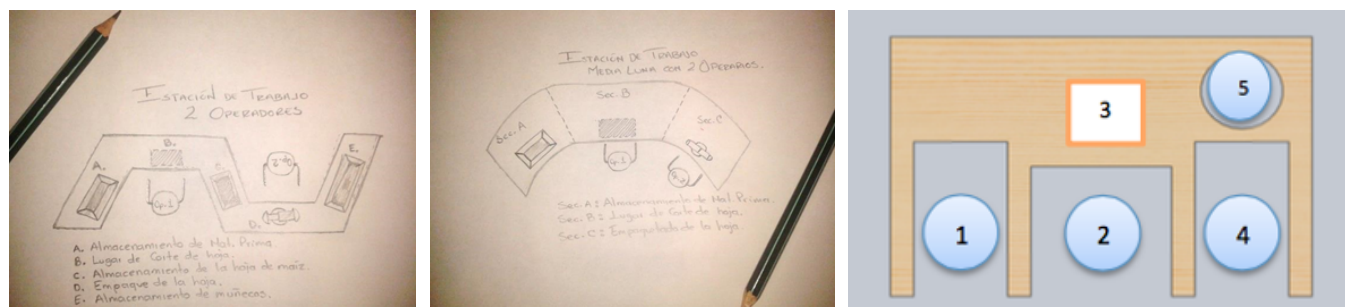


Fig. 2 Iteraciones de diseño para la estación de trabajo.

Como se puede observar en la fig. 3, la base de la mesa está formada por una estructura de perfiles de acero estructural para brindar mayor soporte y estabilidad. El perfil tiene una dimensión de 1 1/2" x 3/16". Se muestra además que el dispositivo de corte, está diseñado ergonómicamente para que al operador no se le dificulte realizar el corte de hoja de maíz, este dispositivo va montado sobre la mesa de trabajo. La caja contenedora del dispositivo de corte, incluye un mototool que sujeta y acciona la herramienta de corte. Este se desplaza por medio de unas guías internas que se encuentran en los costados de la caja (lados A) por lo que su movimiento permite que la herramienta pueda acercarse y alejarse del pedúnculo de la mazorca perforándolo a criterio del operario hasta liberar las hojas con facilidad. El lado Frontal_B de la caja, contiene el mecanismo de sujeción, el cual permite introducir la mazorca y mantenerla sujeta mientras que se realiza el corte.

La herramienta de corte es una broca escalonada de acero de alta velocidad (HSS), la cual con su forma cónica perfora el pedúnculo dejando un agujero en la mazorca para facilitar el desprendimiento de la hoja. El diseño contiene los elementos de seguridad necesarios para la eliminación de riesgos y accidentes de trabajo, tales como: un botón de seguridad que sólo al enclavarse permitirá el accionamiento del motor, una mica (1) protectora de los restos de polvo que además evita que el usuario pueda estar en contacto directo con la herramienta de corte, entre otros. Cabe mencionar, que la mica (2) evita que el usuario pueda lesionarse con la herramienta de corte a la hora de introducir la mazorca en el mecanismo de sujeción. En el estado inicial de operación de la máquina, la mica (1) está en posición ortogonal a la mica (2), así se evita el contacto con la herramienta de corte. Cuando la caja Frontal avanza, la mica (2) se levanta por acción del mecanismo, y queda colineal con la mica (1).

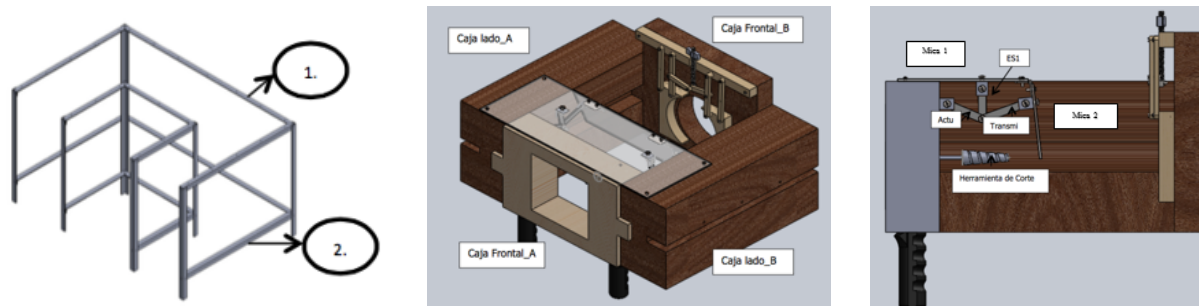


Fig. 3 Descripción del prototipo.

Etapa III. Ensamble de la Máquina Semiautomática y pruebas de laboratorio

Para el proceso de evaluación y validación del prototipo se procedió a analizar la estructura que compone la estación de trabajo mediante pruebas en SolidWorks Simulation, dentro de las que se incluyen: análisis por elemento finito de los diferentes eslabones para verificar la rigidez ante esfuerzos y cargas axiales, la deflexión máxima por efecto de cargas puntuales y repartidas, la resistencia a la fatiga, y cálculos correspondientes a los cordones de soldadura para determinar sus posibles puntos de fractura.

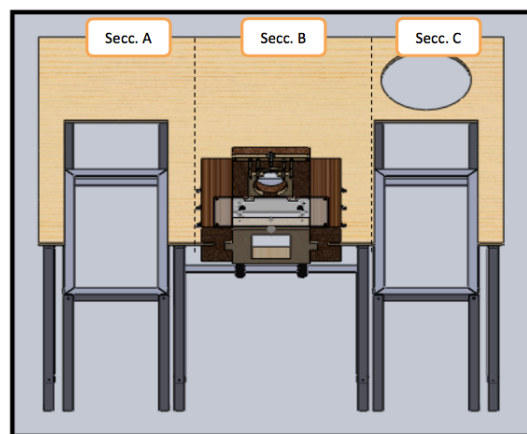


Fig. 4 Vista superior del prototipo virtual

Para la etapa de evaluación física se desarrollaron pruebas de laboratorio, para verificar que las simulaciones correspondan con el desempeño del equipo, tal como se puede observar en la Fig. 5. Dichas pruebas de laboratorio consistieron en verificar que la herramienta de corte realizara el proceso de manera adecuada, por

esta razón se utilizaron diferentes brocas tales como: estándar, cónica y de espada, de acuerdo al siguiente método.

Paso 1: *Acomodar la mazorca dentro del dispositivo de sujeción.* El operador coloca la mano derecha sobre el mango del dispositivo, para poder accionar el motor y hacer girar la broca, mientras que la mano izquierda la debe mantener presionado el botón de seguridad situado a su lado izquierdo de la sección tres y mientras lo hace tiene que empujar la caja frontal del dispositivo para que la broca vaya penetrando.

Paso 2: *Perforación del pedúnculo.* El operador por experiencia sabrá hasta qué punto perforar la mazorca para no dañar las hojas, una vez que la perfora deja de accionar los pulsadores para detener el motor y la rotación de la broca.

Paso 3: *Extracción de la hoja.* Posteriormente el operador desmontará la mazorca para que pueda con un solo movimiento desprender todas las hojas de maíz; realizará una inspección visual para valorar la calidad de cada hoja y así seleccionar aquellas que cumplan con el estándar requerido para colocarlas en la sección C a la cual se le da el nombre de "Área de Deposito"; donde se encuentran dos contenedores. Aquellas hojas que no cumplan con las especificaciones de calidad para su comercialización se depositarán en el contenedor ubicado en la esquina superior derecha, que tiene la finalidad de almacenar las mermas que resultan del proceso de corte.

Al finalizar este proceso se eligió la herramienta de corte que asegurara la calidad de la hoja, así como la reducción de desperdicios, resultando seleccionada la herramienta cónica por su versatilidad y distancia variable de penetración. Con base en las pruebas de laboratorio del equipo fue posible observar que el proceso de corte se realiza de manera más fácil que con los alicates de jardinería, ya que únicamente se debe colocar la mazorca en el sitio adecuado y la herramienta hará el resto de la operación.

De la misma manera, dado que la máquina es semiautomática, el esfuerzo físico requerido se ve disminuido por efecto de la operación de la herramienta de corte, evitando así, enfermedades profesionales por el exceso de tensión muscular que demanda el proceso de corte manual.



Paso 1



Paso 2



Paso 3

Fig. 5. Evaluación física del prototipo.

Resultados y discusión

Resultados

Se logró obtener un prototipo que cumple con las características esperadas por el cliente. Con base en el proceso de corte semiautomático descrito en el punto 3 de este documento se tomó el tiempo de ciclo de trabajo, el cual se registró en 1.25 minutos. Considerando que de cada mazorca se obtienen aproximadamente 6 hojas de buena calidad, en 15 min se puede producir un rollo de 75 hojas aproximadamente. Comparando estos datos con los obtenidos en el proceso de corte manual, en el que de acuerdo a registros cada rollo se produjo en 37 minutos, es evidente que el equipo realiza el corte de hoja de maíz significativamente más rápido

que el proceso manual, ya que este ritmo de trabajo será posible producir 20 rollos en 5 horas, superando en gran medida los 13 rollos que por jornada de 8 horas se obtenían en el proceso manual.

La producción mínima diaria para que al productor le sea redituable realizar esta actividad económica es de por lo menos 20 rollos, mismos que no alcanza a producir con el método actual ya que en una jornada de 8 horas solo produce 13 rollos, con la máquina semiautomática la capacidad de producción ascendería a 20 rollos en solo 5 horas y sin tanto esfuerzo físico.

Para la determinación del precio de venta de la máquina, se tomaron en cuenta costos de producción, considerando todos los materiales para su fabricación entre ellos: ángulos, pijas, tiras de solera, empaques, pintura, tinta para madera y thinner, así mismo la mano de obra de un soldador, un ensamblador y un mecánico industrial. Es importante mencionar que los gastos derivados de la administración y venta, tales como: publicidad, empleados, mantenimiento, servicios públicos, depreciación, impuestos federales, impuestos de seguridad social y nómina, también se incluyen dentro del precio de venta, el cual es de: \$5,700.00.

Este prototipo se desea comercializar entre los productores que hagan uso de la hoja de maíz en el estado de Puebla, por lo anterior se tendrían que vender 3 prototipos de manera mensual, tomando en cuenta que en Puebla se ubica entre los ocho principales estados productores de maíz se tendría un mercado potencial para su comercialización.

Entre otros resultados se puede mencionar que el trabajo en colaboración con personal del COLPOS ha dado paso a un acercamiento y planes de proyectos a futuro con los cuales trabajar, lo que permite el desarrollo de redes de colaboración entre dos diferentes instituciones que permitirán el enriquecimiento del conocimiento tanto para docentes como alumnos involucrados en dichos proyectos, esta investigación involucró 3 residentes de Ingeniería Industrial y una tesis de maestría

Trabajo a futuro

El diseño de la máquina es completamente sujeto a la mejora continua, por lo que se debe dar seguimiento al desempeño de la misma en campo, mediante la realización de pruebas directamente con los productores. De acuerdo con esto, se podrán realizar los ajustes necesarios, en caso de que así se requiera, para optimizar su funcionamiento, así mismo se deberán dar los cursos de capacitación necesarios para su operación y mantenimiento. Considerando que los productores de hoja de maíz se encuentran en varias zonas de la República Mexicana y que tienen diferentes necesidades, realizar las adaptaciones necesarias para las nuevas necesidades y/o factores que influyan en la zona. Es de suma importancia iniciar los trámites de patente para poder difundir esta alternativa y ponerla a disposición de quien la requiera, actualmente se tiene el contacto con productores de Tenampulco Puebla con los que se analizará si esta máquina les es funcional o si habrá que realizar algunas modificaciones. Así mismo es importante gestionar en colaboración con los productores recursos para la adquisición de la maquina a través de programas de gobierno.

Conclusiones

Aun cuando en la actualidad existen distintos programas que impulsan al sector agrícola, como apoyos gubernamentales o de instituciones privadas, la mayoría de estos apoyos no llegan a las comunidades más alejadas, debido principalmente a que se requiere la realización de diversos trámites que originan gastos en los productores, haciendo que ellos pierdan el interés en adquirir dichos apoyos, es por ello que es de suma importancia informarles y capacitarles para que puedan aprovechar esos recursos que mejorarían en gran manera su calidad de vida.

Por otro lado, es necesario que las instituciones educativas de nivel superior trabajen en colaboración, pues eso permite ofrecer soluciones más efectivas mediante el intercambio de conocimientos y experiencias, así como visualizar las áreas de oportunidad de diversos ángulos y con diversos puntos de vista. Así mismo es importante reconocer que los convenios generados entre instituciones de educación superior y el sector agrícola promueven la transferencia de tecnología a este sector para incentivar su desarrollo y crecimiento.

El involucrar a estudiantes en este tipo de proyectos, les permite aplicar los conocimientos adquiridos en las aulas antes de egresar y obtener experiencia desarrollando así habilidades que en el momento de que ingresen al sector laboral, les permite desenvolverse mejor en ese medio y dar resultados más eficientes, así mismo les fomenta el interés por apoyar a su región y por relacionarse con personas con las que puedan desarrollar nuevos proyectos.

Referencias

1. Niebel B. W., Freivalds A. (2004). Ingeniería Industrial, Métodos estándares y diseño del trabajo. Ed. Alfaomega.
2. Barnes M. Ralph. Estudio de tiempos y movimientos. (1999). Ed. alfa omega
3. Salvendy. Biblioteca del ingeniero industrial. (1993). Ed. ciencia y técnica s.a.
4. Maynard. (1996). Manual del Ingeniero industrial. Ed. reverté.
5. Trujillo , Juan José. (1982). Elementos de ingeniería industrial, Editorial Limusa.
6. Konz Stephan. (1994). Manual de la producción de trabajo, Editorial Limusa Noriega.
7. García C., Roberto. (1999). Estudio del Trabajo, Medición del trabajo. Ed. McGraw Hill

Diseño de un vaso portátil plegable

M. G. Guzzi Trujillo^{1*}, F. Ortiz Flores², M. E. Gurruchaga Rodríguez², J. L. Hernández Mortera², A. A. Pérez Martínez¹.

¹Alumnos MII, Instituto Tecnológico de Orizaba. Avenida Oriente 9, número 852, col. Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Ver., México.

²División de estudios de posgrado e investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba. Avenida Oriente 9, número 852, col. Emiliano Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Ver., México

*mariam_guzzi@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

En el presente artículo se muestra como se realizó el diseño de un vaso portátil plegable, incorporando el uso de técnicas de la Ingeniería Industrial: TRIZ (Teoría de resolución de problemas inventivos) y CAD (Diseño Asistido por Computadora); con la finalidad de que la innovación en el diseño del vaso portátil cumpliera con los requerimientos de los clientes potenciales, diera solución a contradicciones técnicas durante el proceso de diseño y mostrara virtualmente diferentes alternativas de diseño.

Palabras clave: QFD, TRIZ, CAD, Innovación.

Abstract

This article deals with the design of a portable and foldable glass, incorporating the use of industrial engineering techniques, such as: TRIZ (*Teorija Rezhenija Izobretatelskikh Zadatch*, en Ruso; Theory of Inventive Problem Solving, en inglés) and CAD (*Computer Aided Design*). This innovation in the glass design had the target to meet the potential customer requirements, to find solutions to the contradictions during the design process and to show, in a virtual way, some design alternatives.

Introducción

En la actualidad las empresas se ven obligadas a incrementar sus niveles de competitividad para asegurar su permanencia en el mercado. Para Ortiz (2009), una de las estrategias más exitosas para alcanzar este objetivo es el impulso a la innovación. Afrontar el reto de innovar requiere de herramientas que permitan generar buenas ideas de manera sistemática y sobre todo, de transformarlas en nuevos productos, servicios o procesos (Ordaz, *et al.*, 2008).

La contaminación es uno de los problemas ambientales que afecta a nuestro mundo. Los productos desechables por su naturaleza han contaminado de una manera irreversible; por su uso excesivo, han hecho que los basureros se desborden debido a que no hay donde enterrar toda la basura que generan (Carrasquel, 2012). Por ello, en el presente proyecto se lleva a cabo el proceso de diseño de Nigel Cross, utilizando, en algunas fases del proceso, la teoría de resolución de problemas inventivos y el diseño asistido por computadora para diseñar un vaso portátil que ayude a sustituir los vasos desechables.

Metodología

La metodología utilizada para la realización del vaso desechable, propuesta por Nigel Cross (1999) en conjunto con las técnicas de la Ingeniería Industrial se muestra en la figura 1.

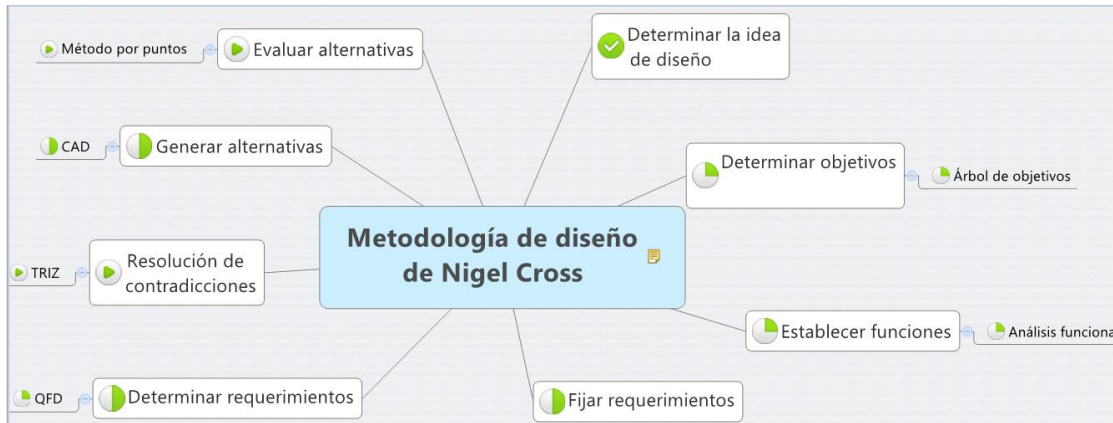


Figura 1. Metodología de diseño de Nigel Cross (Elaboración propia).

Determinar la idea de diseño

Según Cross (1999) las ideas creativas y originales pueden ocurrir de una manera espontánea, sin el empleo de ningún auxiliar para el pensamiento creativo, es decir, existe una repentina iluminación, como el foco que se prende en las caricaturas para sugerir que el personaje está teniendo una idea brillante. Este es el caso que se presentó para el nacimiento de la idea de diseño, ya que ésta surgió de una manera espontánea debido a diversas situaciones observadas: la idea fue diseñar un vaso portátil con la posibilidad de sustituir a los vasos desechables, y con ello disminuir la basura que éstos generan. La sustitución se puede dar porque el vaso diseñado:

- Se podrá utilizar más de una vez.
- El espacio que se ocupe para su transporte, será mínimo.

Determinar objetivos

Para determinar los objetivos con los que debe cumplir el diseño definido en la etapa previa, se realizó un árbol de objetivos. Para elaborar el árbol de objetivos, primero se realizó una lluvia de ideas para determinar los objetivos que se desea cumpla el diseño. Después, con la ayuda de un “diagrama de afinidad”, los objetivos fueron agrupados y finalmente relacionados y conectados. El resultado se muestra en la figura 2.

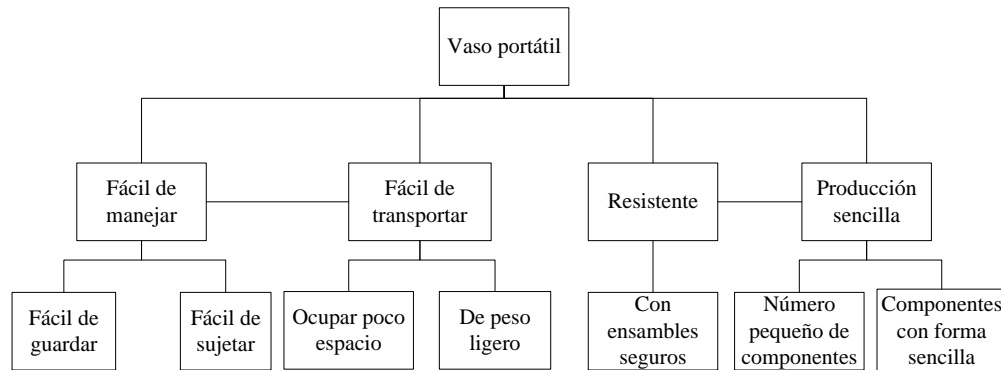


Figura 2. Árbol de objetivos del vaso portátil (Elaboración propia).

Establecer funciones

Con el fin de establecer las funciones que debe satisfacer el vaso portátil y los límites del sistema, se llevó a cabo el método de análisis de funciones propuesto por Nigel Cross (1999), en el cual se colocó el propósito fundamental de un vaso: contener líquidos; en una especie de caja negra (Figura 3), con sus correspondientes entradas y salidas. La caja negra se convirtió después en una caja transparente en donde se colocaron las funciones necesarias para cumplir el propósito fundamental del vaso y se establecieron los límites del sistema, en donde se encontró que la función “elaborar vaso e introducir líquidos” no estaba dentro del alcance del presente proyecto. El resultado se muestra en la figura 4.

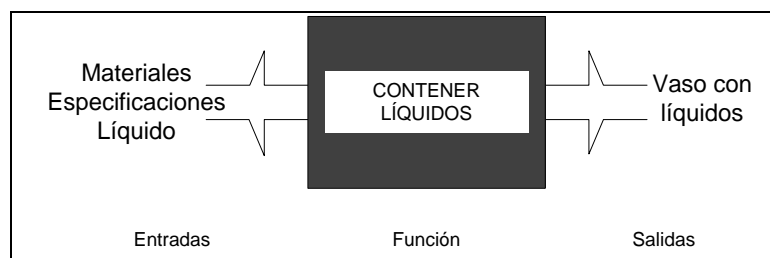


Figura 3 Caja Negra del vaso portátil (Elaboración propia).

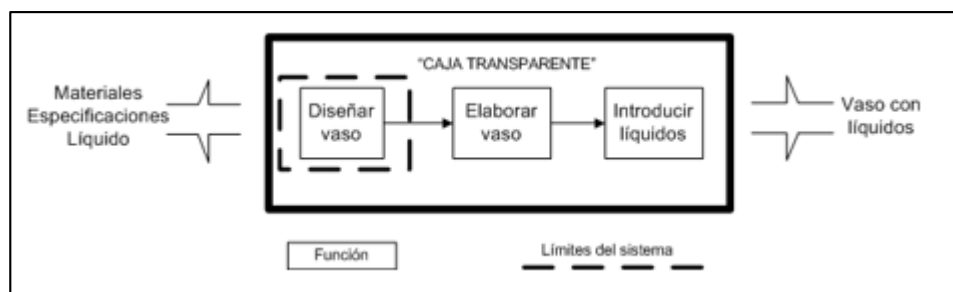


Figura 4. Caja transparente del vaso portátil (Elaboración propia).

Fijar requerimientos

El primer paso para fijar los requerimientos fue considerar los diferentes niveles de generalidad que podían aplicarse y con base en ello seleccionar alguno de los siguientes niveles propuestos por Nigel Cross(1999):

1. Alternativas del producto.
2. Tipos del producto.
3. Características del producto.

En este caso particular se seleccionó el nivel 2, ya que este nivel se utiliza normalmente cuando se va a diseñar un nuevo producto.

Considerando los objetivos de la figura 2 y llevando a cabo una investigación, se elaboró una lista de atributos de rendimiento necesarios, requerimientos necesarios para cada atributo y la forma de cuantificarlos. El resultado se muestra en la tabla 1

Tabla 1. Requerimientos de diseño del vaso (Elaboración propia).

Atributo de rendimiento	Requerimientos	Términos cuantificables
Peso total del vaso	Peso del vaso	< 150 g.
Dimensiones del vaso	Radio superior	4 cm.
	Radio inferior	3 cm.
	Altura	9 cm.
	Espesor	< 0.2 cm.
Propiedades del material	Resistencia a la presión	> 784 Pascales
	Resistencia a la temperatura	De -20°C hasta 100°C
	Elasticidad	26,386.64 N/m ²
	Permeabilidad	< 0 cm ² (impermeable)

Determinar requerimientos del cliente (RC)

Es necesario entender las necesidades de los clientes, por ello, una vez establecidos los requerimientos de diseño se procedió a determinar los requerimientos del cliente mediante la técnica QFD. La metodología aplicada fue la propuesta por Yacuzzi y Martín(2003), donde el paso inicial fue la obtención de datos para los RC y para ello se empleó el formato de la tabla 2. El método utilizado para determinar el tamaño de muestra se describe en Guzzi (2015).

Tabla 2. Formato para la recolección de los RC (Elaboración propia).

Formato para la recolección de información.

* **¿Cuáles son sus preferencias con relación a los vasos?**

Tamaño (No.)	Capacidad	Material		
		Plástico	Papel	Unicel
6	170 ml			
8	227 ml			
10	284 ml			

* **¿Qué le desagrada de los vasos?**

(1) Ocupan mucho espacio		
(2) Se rompen/doblan fácilmente		
(3) No tienen tapa		
(4) No sirven para frío y caliente		
(5) La apariencia		
(6) Otro ¿Cuál?		

De la información recolectada, se concluyó lo siguiente:

- La gente prefiere los vasos de unicel, pero, por cuestiones ambientales, se determinó que el vaso sería de plástico, ya que fue el que presentó un mayor porcentaje después del unicel.
- Que el tamaño de mayor preferencia es el del número 8, por ello el vaso será de dicha capacidad (227ml).
- Lo que más le desagrada a la gente es que se rompen/doblan fácilmente.

Con base en esos resultados y continuando con la aplicación de la metodología de Yacuzzi y Martín(2003) se obtiene la casa de la calidad de la figura 5. Con base en las metas, indicadas en la figura 5, se desarrolló la propuesta de diseño de la figura 6.

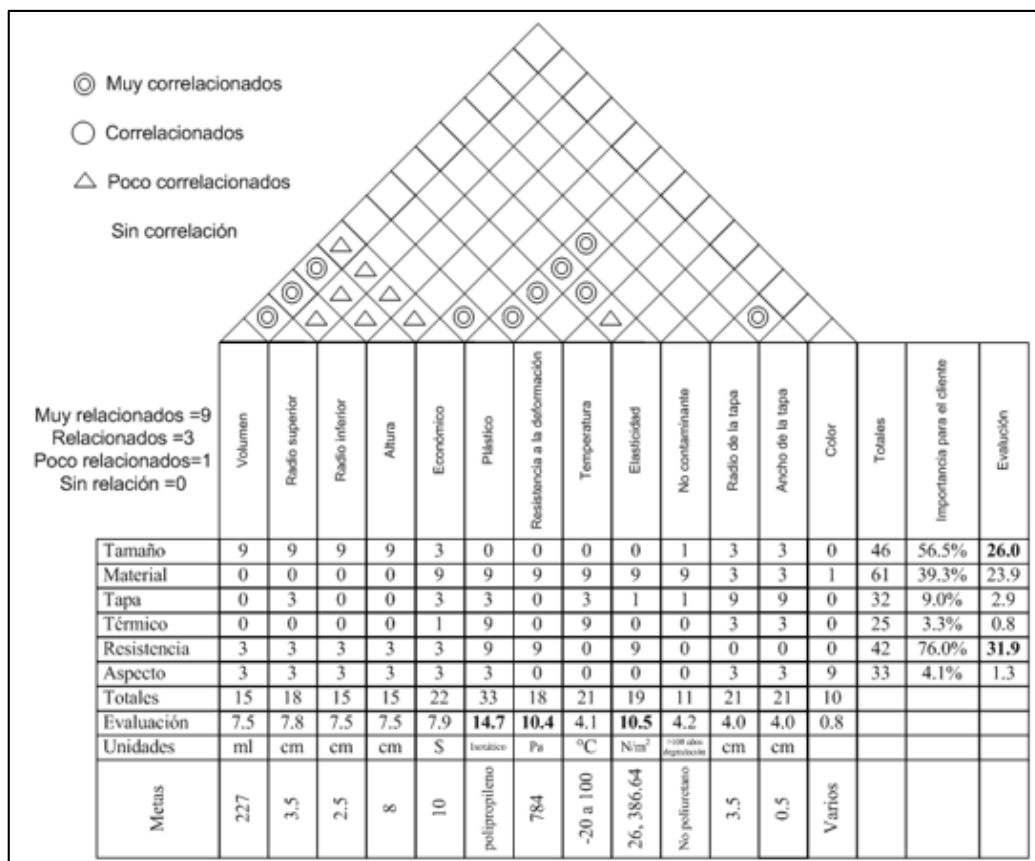


Figura 5. Casa de la calidad para el vaso portátil (Elaboración propia)

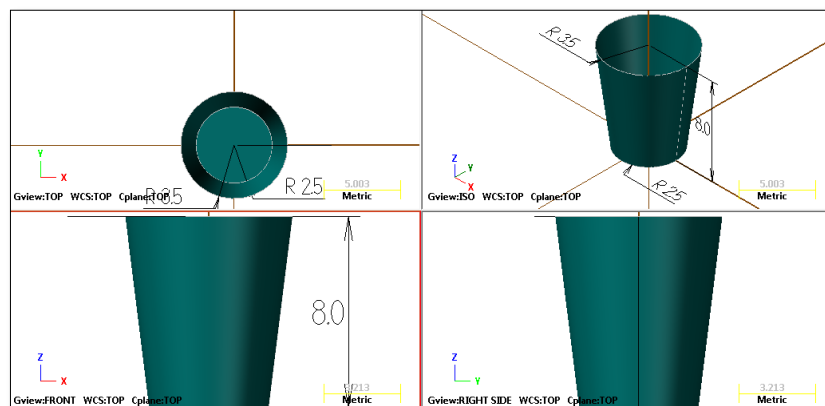


Figura 6. Propuesta de diseño del vaso, con base al análisis QFD (Elaboración propia).

Resolución de contradicciones

Analizando el QFD se encontraron las siguientes dos contradicciones que eran importantes resolver antes de continuar con el diseño del vaso.

1. Volumen del vaso durante su uso contra el volumen del vaso durante su transporte. Se requiere que el vaso tenga suficiente capacidad de almacenamiento, en este caso 227 ml, y que a su vez no ocupe demasiado espacio durante su transporte.
2. Resistencia contra flexibilidad. Se desea que el vaso sea resistente para evitar su ruptura, pero también se requiere que sea flexible para que no rompa durante su transporte.

Para resolver dichas contradicciones se aplicó la técnica TRIZ, mediante el proceso propuesto por Arzate y Maldonado (2004) y la Matriz de Resolución de contradicciones técnicas 2003 (Robles, 2007). La tabla 3 muestra el fragmento de la matriz de resolución de contradicciones técnicas utilizado para el presente proyecto de donde se seleccionó el principio 35: cambio de propiedades; para dar solución a las dos contradicciones.

Tabla 3. Principios para eliminar las contradicciones (Fragmento de la MRCT 2003).

		Característica que empeora	
		8	35
Característica que mejora		Volumen del objeto estacionario.	Adaptabilidad
	7	Volumen del objeto móvil.	35, 14, 28, 2, 3
	14	Resistencia	35, 28, 23, 24

Las soluciones a las contradicciones fueron en primer lugar modificar el tamaño del vaso generándole unos dobleces, esta solución hará que el vaso tenga un menor volumen durante su transporte. Y en segundo lugar aumentar la flexibilidad agregando un catalizador al material obteniendo polipropileno elástico.

Generar alternativas

Se generaron dos alternativas de diseño del vaso: A y B; mediante el uso de un software CAD/CAM (Mastercam X5), Cada alternativa propone una forma distinta de doblado (Figuras 7 y 8).



Figura 7. Alternativa de diseño A. (Elaboración propia).



Figura 8. Alternativa de diseño B. (Elaboración propia).

Evaluar alternativas

Para evaluar las alternativas se aplicó el método de evaluación por puntos para seleccionar la alternativa que cumpliera con los requerimientos del cliente, así como con los objetivos y requerimiento de diseño, dando como resultado la selección de la alternativa B como el diseño del vaso portátil. Esta alternativa utiliza tres dobleces para que el vaso diseñado disminuya su volumen y sea fácil de transportar.

Resultados y discusión

En la tabla 4 se presentan la característica físicas del diseño final del vaso portátil, así como las propiedades del material para dicho vaso. En la figura 9 se muestra el diseño final del vaso y sus dobleces, dichos dibujos fueron realizados con la ayuda del software Mastercam.

Tabla 4. Características del diseño final (Elaboración propia).

	Característica	Cantidad
Características físicas del vaso	Peso	40 gr.
	Volumen	228 ml.
	Radio superior	3.5cm.
	Radio inferior	2.5cm.
	Altura	8 cm.
	Espesor del vaso	2 mm.
	Espesor de la base	3mm
	Número de dobleces	3
	Espesor de los dobleces	1 mm
	Ancho de los dobleces	5 mm
	Número de piezas	1
	Color	Varios
	Material	Polipropileno
	Propiedades del material	Resistencia a la deformación
Temperatura máxima de uso		100 °C
Temperatura mínima de uso		-10 °C
Módulo de elasticidad		1.19 GPa
Permeabilidad		0 cm ²

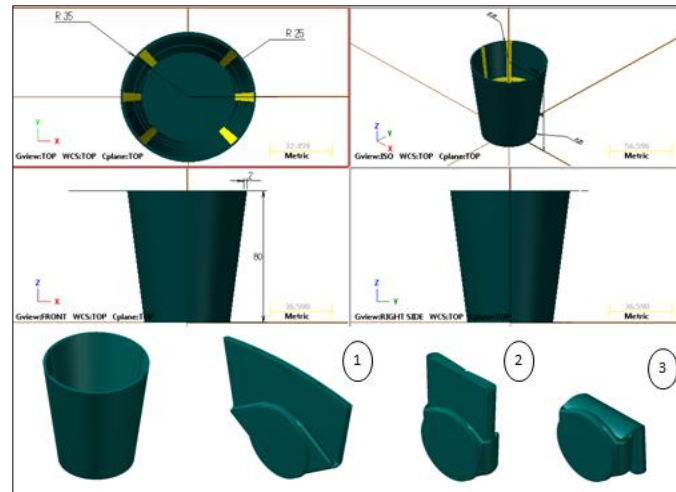


Figura 9. Diseño final del vaso (Elaboración propia).

Trabajo a futuro

Las perspectivas a futuro después del desarrollo de este trabajo son:

- Diseñar el proceso de producción del vaso portátil.
- Realizar un análisis para determinar el índice de contaminación que se disminuiría con la producción y lanzamiento del vaso portátil.

Conclusiones

Se llevó a cabo el proceso de diseño de Nigel Cross para el diseño de un vaso portátil, dicho proceso se complementó con las técnicas TRIZ y CAD. A través de la integración de estas técnicas se pudieron integrar las características de los clientes, analizar contradicciones y tomar una decisión que diera solución a éstas. El resultado de este proceso fue el diseño de un vaso portátil plegable, con una capacidad de 227 ml, el cual no ocupa mucho espacio al ser transportado debido a su sistema de doblado.

Referencias

- Arzate, E.R., y M.C. Maldonado, *Triz. La Metodología Mas Moderna Para Inventar O Innovar Tecnologicamente De Manera Sistemática / Triz, The Most Modern Methodology to Technologically Invent or Innovate in a Systematic Way*, Editorial Panorama Editorial S.A. De C.V., 2004.
- Carrasquel, Gustavo, "Muy contaminantes: Los 5 desechables que debemos evitar," *Canal Azul 24*, No. Ecp periodismo, 3 de febrero de 2013, 2012.
- Cross, Nigel, *Métodos de diseño. Estrategias para el diseño de productos*, 1 ed., Editorial Limusa, México, D.F., 1999.
- Guzzi, Mariam, "Diseño de un vaso portátil", Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Orizaba, Asesor: Dr. Fernando Ortíz Flores, Orizaba, Ver., 2015.
- Ordaz, O. S., R. G. Cortes, y E. J. L. Lee, "Aplicación de la teoría TRIZ para el desarrollo sistemático de nuevos productos.," *CIINDET 2008. 6º Congreso Internacional en Innovación y Desarrollo Tecnológico, 8 al 10 de octubre de 2008, Cuernavaca, Morelos., México., 2008.*
- Ortiz, V. D, R. R. Peña, R. G. Cortes, *et al.*, "Aplicación del análisis funcional y la teoría TRIZ durante el desarrollo de nuevos servicios.," *SINNCO 2009. 4º Congreso Internacional de Sistemas de Innovación para la Competitividad 2009: Hacia la Inteligencia Competitiva. Se celebra del 26 al 28 de Agosto en la Universidad Iberoamericana León., 2009.*
- Robles, Guillermo Cortes, "Desarrollo de nuevos productos. TRIZ," Instituto Tecnológico de Orizaba, p. 67, 2007.
- Yacuzzi, Enrique, y Fernando Martín, "QFD: Conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos.," *UCEMA*, Vol. Abril 2003, 2003.

Utilización del análisis FODA y Análisis de Brechas en dos pequeñas y medianas empresas

L. Hernández Aguilar^{1*}, G. Juárez Román², I.D. Trejo García³, J. Altamirano Herrera⁴, J.M. Jaramillo Hernández⁵, ¹Departamento de Ingeniería Industrial, ²Departamento de Ingeniería Industrial, ³Departamento de Sistemas Computación, ⁴Departamento de Sistemas Computación, ⁵alumno de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico Nacional, Instituto Tecnológico de Reynosa, Ave. Tecnológico S/N, Frac., Lomas Real de Jarachina Sur, C.P. 88730, Cd. Reynosa, Tamaulipas, México

*ludovicoh@gmail.com

juarez.gerardo@gmail.com

Área de participación: Ingeniería Industrial

Resumen

Una necesidad importante de las pequeñas y medianas empresas es la de conocer su situación actual y decidir el rumbo que las mantenga competitivas. Es importante que las empresas sean evaluadas periódicamente. El análisis de las fuerzas, oportunidades, debilidades y amenazas es una herramienta de diagnóstico que permite conocer los factores internos y externos, que dan continuidad y certidumbre a las estrategias formuladas empresarialmente. Estas para ser validadas se someten a una forma diferente del análisis de brechas y auditoría del desempeño. Este trabajo expone las líneas de acción y estrategias utilizando una tabla de comparación entre dos pequeñas y medianas empresas demostrando la similitud de las líneas de acción y estrategias obtenidas. También, presenta una forma diferente y sencilla de utilizar estas herramientas, utilizando la tabla del cruce de datos y el análisis de brechas, junto con la auditoría del desempeño.

Palabras clave: análisis FODA, diagnóstico, análisis de brechas, auditoría del desempeño.

Abstract.

One of the most important needs of small and medium enterprises (SMEs) for their characteristics (small staff, installed and ways of operating capacity), is to know your current situation and decide which direction to take to stay on competitive organizations; For this reason, it is very important that the company be evaluated periodically to properly set your course. SWOT analysis is a diagnostic tool that allows to know both our internal and external factors, formulating strategies to give continuity and certainty to the strategies formulated. Which to be validated undergo a different form of gap analysis and performance audit. And discern, reduce and give certainty to the lines of action and strategies, using a comparison table between the two SME demonstrating the similarity of the lines of action and strategies obtained. This work focuses on the different and simple way to use the tools from the intersection table to the data gap analysis and performance audit.

Keywords: SWOT analysis, diagnosis, gap analysis, performance audit.

Introducción

Una de las principales causas de desaparición de las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) en México, es la carencia de una cultura administrativa sólida y la aplicación periódica de diagnósticos para evaluar su desempeño. Desde el año 1994, en el Sistema Nacional de la Educación Superior Tecnológica de México, la planeación estratégica se ha impartido en las aulas. Con la planeación estratégica se conocen los factores internos y externos que pueden ayudar o afectar a las PyMEs. Durante la enseñanza en el nivel de Educación Superior Tecnológica se vincula al estudiante con las PyMEs mediante la realización de proyectos específicos de los temas expuestos, transitando hasta la aplicación de las diferentes herramientas analíticas aprendidas en las aulas.

Gallardo, (2012) menciona que una matriz de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) se convierte en una herramienta de fácil uso para obtener una visión general de la situación estratégica de una PyME. Así mismo, este autor explica que tiene múltiples aplicaciones y puede ser usada por todos los niveles de la organización y en diferentes unidades de análisis, tales como producto, mercado, línea de producto, y unidades estratégicas de negocio. El análisis FODA es una herramienta para la formulación de estrategias y

ofrece oportunidades de éxito. Es importante que el análisis FODA no solo se limite a la identificación de las situaciones internas o externas, si no que ofrezca una técnica lógica y confiable para la formulación de las estrategias para entender el potencial interno y aprovechar las oportunidades que existen en el exterior para mantenerse en el mercado.

Goodstein, Nolan y Pfeiffer (1998) exponen que el análisis de brechas constituye una evaluación de la realidad en función de la auditoría del desempeño. Utilizando esta herramienta, con un nuevo orden en el manejo de datos agrupando, las estrategias similares son útiles para identificar áreas de oportunidad de mejora. También permite identificar las líneas de acción similares que permiten distinguir las oportunidades que tienen las PyMEs.

Se observa que varios autores manejan la matriz de información con otros fines; sin embargo, realizando el cruce de datos de la matriz de información se tiene la posibilidad de desarrollar las líneas de acción y estrategias específicas.

El objetivo de este trabajo es utilizar el análisis FODA, el análisis de brechas y la auditoría del desempeño para conocer la situación actual de dos PyMEs: Farmacia Victoria y el Instituto Narváez.

Este trabajo podría ayudar a definir las estrategias en estas PyMEs para mantener su competitividad, así como la capacidad para cumplir con las estrategias y los indicadores establecidos.

Metodología

Este trabajo se ha desarrollado mediante una investigación cualitativa y cuantitativa en dos PyMEs de Reynosa, Tamaulipas México: Farmacia Victoria e Instituto Narváez. La Farmacia Victoria cuenta con una antigüedad de 29 años (Arévalo, Mendoza, Pérez, Valdez y Villareal, 2014) y el Instituto Narváez 22 años (Cervantes, Sánchez, y Treviño, 2014).

Una vez identificadas las fortalezas y debilidades internas, así como las oportunidades y amenazas externas, se determinó el tipo de estrategia a utilizar realizando una matriz de información con cuatro cuadrantes en los que se registró la información de la manera siguiente: la estrategia agresiva entre las fortalezas y las oportunidades se le asignó el color rojo; la estrategia reactiva entre las fortalezas y amenazas se le asignó el color azul; la estrategia adaptativa entre oportunidades y debilidades se le asignó el color verde; la estrategia defensiva entre debilidades y amenazas se le asignó el color negro.

Posteriormente, se procedió a realizar el cruce de datos para formular las estrategias adecuadas para cada situación específica. Con esta matriz se identificaron y clasificaron las estrategias, al cruzar los factores internos con los externos para obtener los cuatro tipos de estrategias posibles.

El procedimiento se estableció de la siguiente manera:

1. La situación de la organización utilizando FODA se enlistó en la matriz de información. Ver tablas (1 y 2).
2. Se analizó FODA de la siguiente manera: fortaleza con oportunidad, fortaleza con amenaza, debilidad con oportunidad y debilidad con amenaza. Se otorgó la siguiente ponderación: mucha relación (2), poca relación (1) y nula relación (0).
3. Se identificaron las que obtuvieron mucha relación con un (2). En la tabla (3 y 4) Se cruzaron de datos de Farmacia Victoria e Instituto Narváez.
4. Se plantearon las posibles oportunidades de solución identificando el correspondiente cruce de datos.
5. Se identificaron y validaron líneas de acción mediante un análisis de brechas y la auditoría del desempeño para determinar líneas de acción y estrategias resultantes.
6. Se compararon las líneas de acción y las estrategias obtenidas. en la cual se muestra que las PyMEs los principales problemas son similares sin importar el giro.

Resultados

En la tabla 1, se observa la lista de situaciones de la Farmacia Victoria. Se observa que por el tiempo que lleva establecida, está en la etapa de decadencia o de confort. Esto se observa por sus debilidades 1, 5 y 6 que al compararse con las fortalezas 1, 3, 5 y 6 se eliminan las debilidades; las oportunidades 2, 3 y 5 se convierten en fortalezas.

Tabla 1. Lista de situaciones encontradas en Farmacia Victoria.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ol style="list-style-type: none"> 1. La empresa se ha mantenido en el mercado. 2. Cuenta con clientes cautivos. 3. Personal con experiencia y atención personalizada. 4. Ofrece una diversificación de productos. 5. Cuenta con consultorio médico subsecuente. 6. Cuenta con espacio suficiente. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clientes potenciales, el sector próximo a la farmacia. 2. Alta densidad de población en la periferia. 3. Convenios con hospitales. 4. Aplicar encuestas de satisfacción del cliente. 5. Existencia de proveedores posibles de captar. 6. Rediseñar las instalaciones, optimizando el espacio.
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ol style="list-style-type: none"> 1. Exceso de personal de acuerdo al tamaño del negocio. 2. Falta de dinamismo promocional. 3. No cuenta con servicio las 24 horas. 4. Apariencia física de las instalaciones no apropiada. 5. Se ha utilizado la misma metodología de trabajo. 6. No se aplican nuevas tecnologías. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Crisis mundial en el sector financiero. 2. Fuerte competencia de franquicias reconocidas. 3. La competencia brinda mejores precios. 4. Emigración de habitantes a la periferia. 5. Altos costos de publicidad. 6. La inseguridad en la sociedad.

En la tabla 2, se puede observar que las debilidades 7, 8, y 10 limitan el acceso al Instituto Narváez, que al eliminarlas, se aprovechan las fortalezas 4, y 7, para lograr las oportunidades 1, 4, 5 y 8.

Tabla 2. Lista de situaciones encontradas en el Instituto Narváez.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ol style="list-style-type: none"> 1. Experiencia en el deporte de los maestros del Instituto. 2. Tenemos una metodología de entrenamiento que da resultados positivos. 3. La unión del equipo de trabajo de los Institutos. 4. Buen prestigio de nuestro Instituto en el mercado. 5. Se encuentra vanguardia en nuevos sistemas de entrenamiento. 6. Buena capacitación del maestro a cargo del instituto. 7. Distribución de sucursales alrededor de la ciudad. 8. Tenemos asociaciones con organizaciones de prestigio. 9. Contamos con la certificación de grados en el Tae Kwon Do. 10. Registros avalados por Estados Unidos, Corea y México. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tendencia de Crecimiento de Instituto por la población. 2. Falta de madurez de otros institutos. 3. Fácil acceso para la adquisición de equipo de entrenamiento. 4. Espacio suficiente para la ampliación del Instituto para atender una mayor demanda. 5. Mejorar la imagen interna y externa del Instituto. 6. Posibilidad de intercambio de alumnos entre Institutos. 7. Desarrollar más convenios con otras instituciones destacadas. 8. Interacción con Institutos de Tae Kwon Do de la región. 9. Participación en eventos nacionales e internacionales. 10. Disponibilidad para trabajo sinérgico entre los institutos de Tae Kwon Do del municipio.

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ubicación del Instituto #4 poco accesible. 2. Falta de publicidad para el Instituto. 3. Tamaño reducido del área de entrenamiento para los alumnos. 4. Falta de Tatami en el área de entrenamiento. 5. No hay suficiente alumnado para inscribirse al Instituto. 6. Precio de venta en Dólares del equipo para Tae Kwon Do. 7. Falta de un estacionamiento de autos para alumnos y maestros. 8. Falta de mantenimiento en las áreas internas de la escuela. 9. Uso inadecuado de las instalaciones por personas externas. 10. Administración deficiente del Instituto. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Competencia consolidada de otros institutos. 2. Clima meteorológico cambiante de la región. 3. Desprestigio por parte de la competencia. 4. Política estrecha entre directivos. 5. Competencia deshonestas de otras escuelas. 6. La ubicación del Instituto se encuentra en una zona de nivel Socioeconómico bajo. 7. La inseguridad de la región. 8. Falta de promoción de la cultura del deporte en la región. 9. No hay suficiente apoyo del gobierno al deporte de Tae Kwon Do. 10. No hay suficiente apoyo de los padres a los alumnos.

En la tabla 3, se observan los resultados del cruce de datos de la Farmacia Victoria, en la cual para fácil identificación están indicados con el números dos. Estos resultados se seleccionan para la generación de las estrategias.

Tabla 3. Cruce de datos de la Farmacia Victoria.

AGRESIVA							
		OPOTUNIDADES					
		1	2	3	4	5	6
FORTALEZAS	1	0	0	2	2	0	0
	2	0	0	2	0	0	0
	3	1	0	0	1	0	1
	4	2	0	0	2	1	2
	5	2	2	1	1	0	0
	6	0	0	0	1	2	2

REACTIVA							
		AMENAZAS					
		1	2	3	4	5	6
FORTALEZAS	1	2	2	1	0	0	0
	2	1	2	2	2	0	0
	3	0	1	1	0	0	0
	4	0	2	1	0	0	0
	5	0	2	1	0	0	0
	6	0	0	1	0	0	0

ADAPTIVA							
		OPOTUNIDADES					
		1	2	3	4	5	6
DEBILIDADES	1	0	0	0	1	0	2
	2	2	1	2	2	0	0
	3	2	2	2	1	0	0
	4	2	2	0	0	0	2
	5	2	2	2	2	0	0
	6	1	1	0	0	2	2

DEFENSIVA							
		AMENAZAS					
		1	2	3	4	5	6
DEBILIDADES	1	0	0	2	0	0	0
	2	0	2	2	0	2	0
	3	0	2	1	0	0	0
	4	0	1	0	0	0	0
	5	0	2	2	0	0	0
	6	0	1	1	0	0	0

En la tabla 4, se observan los resultados del cruce de datos de la Farmacia Victoria en la cual para su fácil identificación de la información de más importancia están con el números dos; la estrategia agresiva en color rojo, para la estrategia reactiva color azul, la estrategia adaptativa color verde y la defensiva color negro.

Tabla 4. Cruce de datos del Instituto Narváez

		AGRESIVA									
		OPORTUNIDADES									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FORTALEZAS	1	2	1	0	0	0	0	0	1	2	0
	2	2	1	0	0	0	0	2	2	2	1
	3	2	1	0	1	0	2	1	2	2	2
	4	2	2	1	1	0	1	2	2	1	2
	5	2	2	1	1	1	0	0	1	1	0
	6	1	2	1	2	0	1	0	1	2	0
	7	2	1	0	1	1	1	0	1	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0
	9	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
	10	1	1	0	0	2	1	0	0	1	0

		REACTIVA									
		AMENAZAS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FORTALEZAS	1	2	0	1	1	2	1	0	0	0	1
	2	2	0	1	1	2	0	0	0	0	1
	3	2	0	1	2	2	1	0	1	1	1
	4	2	0	2	2	2	2	0	0	1	1
	5	2	1	2	2	2	0	0	0	0	0
	6	2	0	1	1	2	1	0	0	0	1
	7	2	0	1	0	0	1	1	0	0	0
	8	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
	9	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
	10	2	0	2	1	1	0	0	0	0	0

		ADAPTIVA									
		OPORTUNIDADES									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DEBILIDADES	1	2	1	0	1	1	1	0	0	0	0
	2	2	1	0	1	2	0	1	1	1	0
	3	1	0	0	2	2	0	0	1	0	0
	4	0	0	2	2	2	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0
	6	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	7	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0
	9	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0
	10	1	0	1	1	2	0	1	1	1	1

		DEFENSIVA									
		AMENAZAS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DEBILIDADES	1	2	1	2	0	1	1	1	1	0	0
	2	2	1	2	1	1	1	0	1	1	0
	3	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0
	4	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0
	5	2	2	2	0	0	2	0	2	1	1
	6	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0
	7	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
	8	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	10	2	0	1	1	0	2	0	0	0	1

Para la Identificación y validación de líneas de acción mediante el Análisis de brecha y auditoría del desempeño se clasifican las estrategias resultantes del cruce de datos para determinar las líneas de acción resultantes, identificando las situaciones a las cuales corresponde y formulando sus estrategias.

En la tabla 5, se observa que las seis principales líneas de acción muestran que eliminando las debilidades internas se aprovechan las oportunidades externas por ejemplo en la línea de acción procesos internos encontramos 16 combinaciones de la debilidades con las oportunidades encontrando que al eliminar las debilidades las convertimos en fortalezas, de manera puntual y se formulan las estrategias específicas internas a realizar.

Tabla 5. Resultados del análisis de brechas y auditoria del desempeño de la Farmacia Victoria.

ANALISIS DE BRECHAS.		
LINEA DE ACCIÓN	FACTORES INVOLUCRADAS	ESTRATEGIAS
VENTAS Implantar acciones que permitan generar preferencia, atraer un mayor número clientes e incrementar los ingresos.	F_1O_3 F_2O_3 D_2O_3 D_3O_1 D_3O_2 D_3O_3 D_4O_1 D_4O_2 D_3A_2	a) Convenios con hospitales cercanos y utilizar esta asociación como fuente de promoción. b) Extender el horario de servicio. c) Establecer promociones como descuentos, ofertas e incentivos.

PROMOCIÓN Implementar un programa anual de promociones según la temporada.	F ₄ O ₁ F ₅ O ₁ F ₅ O ₂ F ₂ A ₄ F ₅ A ₂ D ₂ O ₁	a) Promociones de compra en los productos ofrecidos. b) Promover los descuentos ofrecidos por el servicio por el consultorio consecuente.
PROCESOS INTERNOS Aplicación de diagnósticos Atención eficiente y de calidad a nuestros clientes. Administración eficiente	F ₁ O ₄ F ₂ A ₁ D ₂ O ₄ D ₂ A ₂ D ₂ A ₃ D ₂ A ₅ D ₅ A ₃ D ₅ O ₁ D ₅ O ₂ D ₅ O ₃ D ₅ O ₄ D ₅ O ₅ D ₅ O ₆ D ₆ O ₅ D ₆ O ₆ D ₁ A ₃ D ₅ A ₂ D ₁ O ₆	a) Realizar estudio de mercado. b) Utilizar la herramienta. benchmarking. c) Aplicación del QFD. d) Establecer sistemas de información competitivas.
PRODUCTOS Ofrecer una diversificación de productos con los mejores precios.	F ₄ O ₃ F ₂ A ₃ F ₄ A ₂ D ₁ O ₆ D ₅ A ₃	a) Elaborar un catálogo de productos y proveedores. b) Realizar evaluación y selección de proveedores.
DISEÑO DE INSTALACIONES Optimización y aprovechamiento de las instalaciones.	D ₄ O ₆ F ₄ O ₆ F ₆ O ₅ F ₆ O ₆ F ₁ A ₂	a) Realizar una distribución optima de los espacios físicos. b) Rediseñar el espacio de atención a clientes así como la imagen interna y externa.
CAPACITACIÓN Capacitación del personal	F ₁ A ₂ F ₂ A ₂	a) Capacitar al personal a través de guías, programas, y cursos de atención al cliente.

La tabla 6 muestra las cinco líneas de acción y los factores identificados con las debilidades y oportunidades. Los resultados del análisis de brechas y auditoria del desempeño del Instituto Narváez en las líneas de acción y procesos internos se encuentran 16 factores de las debilidades, al igual de la Farmacia Victoria que tiene 16. La Farmacia Victoria tiene 2 fortalezas y el Instituto Narváez 19 fortalezas.

Tabla 6. Análisis de brechas

ANÁLISIS DE BRECHAS		
LINEAS DE ACCIÓN	ESTRATEGIAS INVOLUCRADAS	ESTRATEGIAS
VENTAS Lograr mayor penetración de mercado.	(F ₄ O ₈ , F ₄ A ₆ , F ₂ O ₇ , F ₄ O ₇ , D ₁ O ₁ , D ₂ O ₁ , D ₅ O ₅ , D ₁ A ₁ , D ₁ A ₃ , D ₂ A ₁ , D ₂ A ₃ , D ₅ A ₁ , D ₅ A ₃ , D ₅ A ₆ , D ₅ A ₈)	a) Convenios con escuelas de las colonias aledañas. b) Ofrecer el servicio tanto en el gimnasio como en las escuelas.
PROMOCIÓN Implementar un programa anual de promociones según calendario escolar.	F ₁ O ₉ , F ₂ O ₉ , F ₄ O ₁ , F ₆ O ₄ , F ₆ O ₉ , F ₃ A ₄ , F ₄ A ₄ , F ₅ A ₄ .	a) Crear promociones de clases en las escuelas. b) Promover descuentos a grupos en las escuelas.
PROCESOS INTERNOS Administración actualizada y eficiente	F ₃ O ₈ , F ₃ O ₁₀ , F ₃ O ₉ , F ₄ O ₁₀ , D ₁ O ₀ 5, D ₁ O ₁ A ₁ , D ₁ O ₁ A ₆ , F ₇ O ₁ , F ₇ A ₁ , D ₂ O ₅ , D ₃ O ₄ , D ₄ O ₄ , D ₃ O ₅ , D ₇ O ₁ , D ₇ O ₄ , D ₇ O ₅ , D ₅ A ₂ , D ₈ O ₄ , D ₈ O ₅ , F ₃ O ₁ , F ₃ O ₆ , F ₆ O ₂ , F ₃ A ₁ , F ₃ A ₅ , F ₄ A ₃ , F ₄ A ₅ , F ₅ A ₃ , F ₆ A ₅ , F ₄ O ₂ , F ₁ O ₀ 5, F ₁ O ₁ A ₁ , F ₁ O ₁ A ₃ , D ₄ O ₃ , D ₄ O ₅ , D ₆ A ₆ , D ₈ A ₁	a) Hacer un estudio de mercado b) Efectuar el proceso de benchmarking, c) Hacer estudios de satisfacción del cliente (encuesta de satisfacción). d) Generar un plan de crecimiento planeado
SERVICIO Brindar un servicio de calidad	F ₂ O ₁ , F ₂ O ₃ , F ₅ O ₁ , F ₁ A ₅ , F ₂ A ₅ , F ₅ A ₅ , F ₂ O ₈ , F ₁ O ₁ , F ₅ O ₂ , F ₁ A ₁ ,	a) Ofrecer clase de calidad y con alta motivación

y a la vanguardia en sus técnicas de enseñanza	F2A1, F4A1, F5A1, F6A1	b) Respetar horarios de clases.
CAPACITACIÓN Actualización constante en las artes marciales	F2O1, F2O3, F5O1, F1A5, F2A5, F5A5, F2O8, F1O1, F5O2, F1A1, F2A1, F4A1, F5A1, F6A1	a) Capacitar al personal b) Aplicar metodología de entrenamiento con estructuras actualizadas

La tabla 7 muestra la comparación de las líneas de acción obtenidas entre la Farmacia Victoria y el Instituto Narváez; el 83 % son similares.

Tabla 7. Comparación de las líneas de acción y estrategias obtenidas entre la Farmacia Victoria y el Instituto Narváez.

LÍNEA DE ACCIÓN	FARMACIA VICTORIA	INSTITUTO NARVÁES	ESTRATEGIA
VENTAS	X	X	a) Realizar convenios. b) Extender el horario de servicio. c) Ofrecer el servicio tanto en el gimnasio como en las escuelas.
PROMOCIÓN	X	X	a) Establecer promociones. b) Crear promociones de clases en las escuelas. c) Promover descuentos a grupos en las escuelas.
PROCESOS INTERNOS	X	X	a) Realizar estudio de mercado. b) Utilizar la herramienta benchmarking, c) Aplicación del QFD. d) Establecer sistemas de información competitivas. e) Hacer un estudio de mercado.
PRODUCTOS Y/O SERVICIO	X	X	a) Elaborar un catálogo de productos y proveedores. b) Realizar evaluación y selección de proveedores. c) Elaborar un catálogo de productos y/o servicios. d) Ofrecer clase de calidad y con alta motivación. e) Respetar horarios de clases.
DISEÑO DE INSTALACIONES	X		a) Realizar una distribución óptima de los espacios físicos. b) Rediseñar el espacio de atención a clientes así como la imagen interna y externa.
CAPACITACIÓN	X	X	a) Capacitar al personal. b) Aplicar metodología de entrenamiento con estructuras actualizadas. c) Capacitar al personal a través de guías, programas, y cursos de atención al cliente.

La utilización de esta metodología es sencilla para determinar las líneas de acción, así como las estrategias particulares de cada PyME. De esta manera, se puede indicar el rumbo que debe tomar la estrategia. Las estrategias encontradas en las dos PyMEs son similares, lo que nos da pauta para identificar indicadores críticos de éxito.

Trabajo a futuro

Este trabajo tiene como temas a futuro darle continuidad transversal tomando la misma metodología aplicada a diferentes PyMEs de la región, para demostrar la eficacia de dicha metodología, ofreciendo a los pequeños empresarios herramientas que estén a su alcance y acordes al nivel de maduración de sus empresas y vinculados al Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica.

Conclusiones

Después de haber realizado este estudio con uso del análisis FODA, análisis de brechas y auditoría del desempeño a las dos PyMEs de Reynosa, Tamaulipas, se observa que los principales indicadores son similares. Este análisis es una herramienta eficaz que permite identificar su posición en el mercado y anticiparse para tomar decisiones acertadas. Esta herramienta podría ayudar a las PyMEs a tomar la mejor decisión, sin dejar todo a la acción directiva, intuición, o al azar y alcanzar la eficiencia de los procesos, la productividad y permanencia de las PyMEs en la economía nacional.

Referencias

- Arévalo, K., Alma Mendoza, Karen Pérez, Pedro Valdez, y Francisco Villareal. 2014. Aplicación de la planeación estratégica a Farmacia Victoria. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Reynosa. Trabajo sin publicar
- Cervantes, J. G., J Alberto Sánchez, y Guillermo Treviño. 2014. Aplicación de la planeación estratégica a Instituto Narváez. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Reynosa. Trabajo sin publicar
- Gallardo, José R. 2012. Administración Estratégica. Alfaomega: México.
- Goodstein, Leonard, Timothy Nolan y J. William Pfeiffer. 1998. Planeación Estratégica Aplicada: como desarrollar un plan que realmente funcione. McGraw-Hill: México.

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

1	Comunicación serial FPGA Cámara CMOS para lectura y escritura de datos mediante el protocolo SCCB	191
	<i>José Carlos Delgado Vázquez, Mario Alberto García Martínez, José de Jesús Agustín Flores Cuautle</i>	
2	Rediseño de un sistema de detección de fuerzas multiaxiales y torque para mano y muñeca	197
	<i>Erick Trigos López, Gerardo Águila Rodríguez, Ignacio Herrera</i>	
3	Estudio Experimental de la respuesta inicial y en estado de equilibrio de sensores químicos para gas LP	204
	<i>Javier Arturo Álvarez Hernández, Gerardo Águila Rodríguez y Oscar O. Sandoval González</i>	
4	Fabricación de instrumentación electrónica para la medición de humedad, temperatura y pH.	210
	<i>Daniel Moguel López, Albino Martínez Sibaja, Ignacio Herrera Aguilar, Rubén Posada Gómez, Blanca Estela González Sánchez</i>	
5	Estudio de modelados matemáticos para la estimación de humedad en el proceso de secado de café	216
	<i>Asael Gutiérrez, Albino Martínez Sibaja, Blanca Estela González Sánchez</i>	
6	Diseño de Controladores en cascada de un motor C.D.	223
	<i>Daniel Moguel López, Javier Álvarez Hernández, Damir Flores Rojas, Isaias Juárez Barojas, Albino Martínez Sibaja</i>	
7	Comparación entre controladores cascada PI Convencional y PI Difuso para un motor de CD	232
	<i>Sofía Quiroz Ontiveros, José Carlos Delgado Vázquez, Octavio Sánchez Flores, Erick Trigos López, Blanca Estela González Sánchez</i>	
8	Implementación de un goniómetro digital en aplicaciones de rehabilitación motriz	240
	<i>Miriam C. Reyes-Fernández, Venancio Rosas-Mosqueda, Rubén Posada-Gómez, Albino Martínez-Sibaja</i>	
9	Diseño y desarrollo de un sistema de captura de movimiento para análisis biomecánico	246
	<i>Joshua Adán Flores Pérez, Oscar Osvaldo Sandoval González, Albino Martínez Sibaja, Blanca Estela González Sánchez, Victorino Juárez Rivera, Erika Barojas Payan</i>	
10	Sistema de calentamiento por inducción	254
	<i>Gabriel Granados Vásquez, Ignacio Herrera Aguilar, Albino Martínez Sibaja, José De Jesús Agustín Flores Cuautle, Blanca Estela González Sánchez</i>	
11	Análisis comparativo de un esquema de control PI difuso contra un esquema de PI convencional	259
	<i>Miriam C. Reyes-Fernández, José Luis Aduna Padilla, Miguel Ángel Marcial Rodríguez, Albino Martínez Sibaja, Benjamín Colorado Galindo</i>	
12	Diseño y simulación de controladores PID para fuentes conmutadas	268
	<i>Sofía Quiroz Ontiveros, Blanca Estela González Sánchez, Albino Martínez Sibaja, Ignacio Herrera Aguilar</i>	
13	Configuración y adquisición de datos con ADS1299 aplicado en señales EEG	275
	<i>Víctor Manuel López Rodríguez, Ignacio Herrera Aguilar, Oscar Osvaldo Sandoval Gonzales, Gerardo Águila Rodríguez</i>	
14	Estrategias de control para regular la velocidad de una banda transportadora	282
	<i>Ulises Cruz Aguirre, Albino Martínez Sibaja, Rubén Posada, Blanca Estela González Sánchez, Mario Alberto García Martínez</i>	

15	Medición de CO y CO₂ generado por frutas climatéricas a través de un sistema programable en chip (PSoC)	294
	<i>Edmundo Efraín González Cerezo, Gerardo Águila Rodríguez, Oscar Osvaldo Sandoval González, Ignacio Herrera Aguilar, Albino Martínez Sibaja</i>	
16	Aplicación de microscopia fotoacústica para control de calidad de circuitos impresos flexibles	301
	<i>José Luis Aduna Padilla, Ignacio Herrera Aguilar, José de Jesús Agustín Flores Cuautle, Gerardo Águila Rodríguez, Blanca Estela González Sánchez, Alfredo Cruz Orea</i>	
17	Celda de medición para determinar cloro residual en una muestra de agua para consumo humano	308
	<i>Oscar Guillermo Garza Martínez, Gerardo Águila Rodríguez, Oscar Osvaldo Sandoval González</i>	
18	IP-core para Almacenamiento y Despliegado de Imágenes en una Plataforma de Hardware Reconfigurable	316
	<i>U.A. Hernández Sánchez, J.C. Delgado Vázquez, Mario Alberto García Martínez, Albino Martínez Sibaja, Oscar Osvaldo Sandoval González</i>	
19	Sistema de reconocimiento de gestos utilizando señales EMG para aplicaciones de control de prótesis biónicas y exoesqueletos de mano	324
	<i>Carlos Alberto Aguilar Lazcano, Oscar Osvaldo Sandoval González</i>	
20	Diseño y construcción de una prótesis robótica con teleoperación bidireccional enfocado a personas con discapacidades motrices de la mano	332
	<i>José Antonio Díaz Reyes, Oscar Osvaldo Sandoval González</i>	

Comunicación serial FPGA Cámara CMOS para lectura y escritura de datos mediante el protocolo SCCB

J. C. Delgado Vazquez^{1*}, M. A. García Martínez¹, J. J. A Flores Cuautle^{1,2}

¹. Maestría en Ingeniería Electrónica. Instituto Tecnológico de Orizaba, AV. Instituto Tecnológico de Orizaba No 852 Colonia Emiliano Zapata CP94320 Orizaba Veracruz., México

²Cátedras Conacyt, CONACYT, Mex. D.F.

Jc_04z@hotmail.com

Área de participación: Electrónica

Resumen

En este artículo se presenta la comunicación entre un sensor de imagen CMOS y FPGA, mediante el protocolo SCCB de OMNIVISION, el cual realiza la lectura y escritura de datos en registros del sensor. Esta comunicación permite configurar dicho sensor para obtener imágenes con características específicas. Para este caso la configuración deseada es obtener una imagen con una resolución de 640 pixeles por 480 pixeles, formato RGB de dos Bytes por pixel, el cual se conforma de 5 bits de Rojo, 6 Bits de verde y 5 Bits de Azul. Para llevar a cabo esta comunicación entre estos dispositivos, se realizó el código del software en lenguaje VHDL (*Very high digital*).

Se muestran los resultados de las simulaciones de las señales del protocolo SCCB, que permiten la comunicación para lectura y escritura de datos en los registros del sensor de imagen. Se observaron las señales en el osciloscopio generados por el software implantado en la tarjeta NEXYS3. Los datos leídos por este sistema son mostrados en los LEDs que contiene la propia tarjeta NEXYS3.

Palabras clave: CMOS, FPGA, comunicación SCCB, lectura, escritura.

Abstract

In this article the communication of a CMOS sensor and FPGA is presented, using the SCCB protocol of Omni-Vision, which performs reading and writing data in sensor register. This communication allows to configure the sensor to obtain image characteristics to be acquired. For this case the desired configuration is obtained an image of size 640X480, RGB format two bytes per pixel, which is made up of 5 bits for red, 6 bits for green, and 5 bits for blue. To perform this communication, a system was made in VHDL language.

The results show simulations SCCB signals protocol permitting communication for reading and writing data in the image sensor. Signals were observed on the oscilloscope NEXYS3 generated by the card. The data read by this system are shown in the LEDs which containing the NEXYS3 card.

Introducción

En la actualidad el uso de cámaras de visión nos ha facilitado la vida al hacerla más cómoda [1], por ejemplo en algunos autos para la recepción de la vista trasera, para prevención de accidentes, sin embargo, no sólo es de interés para visualizar las imágenes sino que también ha ayudado a realizar su procesamiento digital, la cual ha sido utilizada en campos de la investigación y en aplicaciones industriales y militares[2]. Los sistemas de visión tienen cada vez mayor demanda de un mayor rendimiento, menor necesidad de potencia y se puede adquirir imagen en tiempo real [3]. Estos sistemas también tienen que procesar y gestionar una gran cantidad de datos dentro de la limitación[4].

La configuración del sensor es una parte importante para adquirir imagen, ya que permite seleccionar las características deseadas. Sin embargo, en su configuración es necesario saber si el sensor se está configurando correctamente, por ese motivo en este artículo se realiza además de la escritura de datos en los registros, la lectura de los mismos.

Metodología

El sensor de imagen OV7670 proporciona funciones de una cámara VGA, es controlado a través de la interfaz del protocolo SCCB. Para la manipulación del sensor a utilizar es necesario comunicarse con el dispositivo, la comunicación y configuración del sensor de imagen (CMOS) es una de las partes importantes para adquirir imagen ya que es necesario llevar a cabo una configuración para tener el formato de salida de las imágenes, incluyendo el control de exposición, gamma, balance de blancos, saturación de color, control de tono entre otras características.

Para obtener imagen es necesario seleccionar que características que se desean, por ejemplo, el tamaño con un máximo de 640 pixeles por 480 pixeles o un mínimo de 40 pixeles por 30 pixeles, el formato de salida RGB (565/555/4444) o YUV (422).

Selección de características de la imagen a adquirir del sensor

Para seleccionar estas características, el sensor cuenta con 201 registros, en los cuales se puede ser configurada con diferentes características deseadas de imagen, esta configuración se realiza mediante el protocolo SCCB que es compatible con el protocolo I2C[5].

El sensor de imagen puede ser utilizado sin configurar, ya que contiene en sus registros valores por default, sin embargo, es recomendado recetar el sensor de imagen para asegurar esta acción. En la adquisición imágenes con características específicas, es necesario configurar ciertos registros como se muestra en la Tabla 1, como primera configuración se resetean todos los registros para que contengan sus valores por default.

Tabla 1. Direcciones y datos a enviar para la selección de características deseadas de imagen a adquirir

Dirección de registro en Hexadecimal	Dirección de registro en Decimal	Dato en Hexadecimal	Dato en Binario	Acción
0x12	00010010	0x80	10000000	Resetea todos los registros y regresa sus datos a sus valores por default.
0x12	00010010	0x04	00000100	Salida de formato RGB
0x40	01000000	0xD0	11010000	Rango de salida RGB565

En las últimas dos filas de la Tabla 1, se muestran las configuraciones para la adquisición de imagen de tamaño 640 pixeles por 480 pixeles con un formato de salida RGB de 2 Bytes que contiene 5 bits de Rojo, 6 bits de Verde y 5 bits de Azul. La tabla contiene las direcciones de los registros y valores de los datos en valor Hexadecimal como en valor Binario.

Fases de transmisión para lectura y escritura de datos mediante el protocolo SCCB de OMNIVISION

Ciclos de escritura

Para realizar cada una de estas configuraciones se utiliza el Ciclo de transmisión 3-Fases de escritura como se muestra en la Figura 1, el cual cuenta con el Inicio de Transmisión, Dirección del esclavo indicando que se va a escribir (0x42), Dirección del Registro, Dato a Escribir y Final de la transmisión. Por cada dato enviado se recibe un pulso de reconocimiento por parte del esclavo.

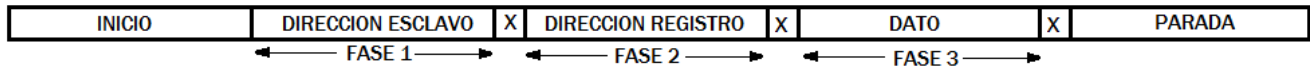


Figura 1. Ciclo de transmisión 3-Fases de escritura Interfaz SCCB

Las fases para la última transmisión de 3-fases solo es utilizada para escritura de datos en los registros, no es posible utilizar para lectura de datos según las especificaciones del protocolo SCCB de OMNIVISION[6].

Ciclos de lectura

Una vez realizada las configuraciones anteriores se hace la lectura de datos mediante dos tipos de ciclos de fases. Se selecciona el esclavo por medio de su dirección, seguido de la dirección del registro de acceso para hacer la lectura de datos. Se hace el uso de “Ciclo de transmisión 2 Fases de escritura” como se muestra en la Figura 2, esto permite identificar el registro del esclavo específico de la que el maestro tenga previsto para leer los datos. La dirección del esclavo en modo escritura es el 0x42.

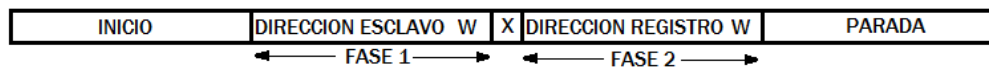


Figura 2. Ciclo de transmisión 2-Fases de escritura Interfaz SCCB

Para la lectura de datos sobre el registro que anteriormente ya se ha ingresado, se hace uso de “Ciclo de transmisión 2-Fases de Lectura”, Figura 3, en la segunda fase de este ciclo se lee el dato que contiene el registro direccionado. La dirección del esclavo en modo lectura es el 0x43.

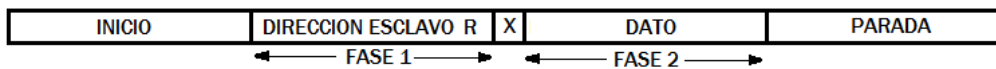


Figura 3. Ciclo de transmisión 2-Fases de lectura Interfaz SCCB

La figura 4 indica el último ciclo de transmisión de 2-Fases de lectura, este ciclo es utilizado para escritura de datos con la única condición de que la dirección del esclavo es en modo escritura (0x42)[5]. Para llevar a cabo este ciclo es necesario llevar a cabo el Ciclo de transmisión 2-Fases de escritura.

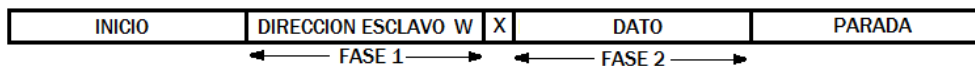


Figura 4. Ciclo de transmisión 2-Fases de escritura interfaz SCCB

Diseño de software de comunicación en código VHDL para la manipulación del sensor

El diseño principal para la configuración del sensor de imagen como se muestra en la Figura 5, contiene los pines SDA y SCL para la comunicación con el sensor, este diseño está basado en el protocolo SCCB (Serial Camera Control Bus) de OmniVision. Este diseño cuenta con el puerto de entrada SEL (2:0) para la selección de las configuraciones deseadas del sensor de imagen,

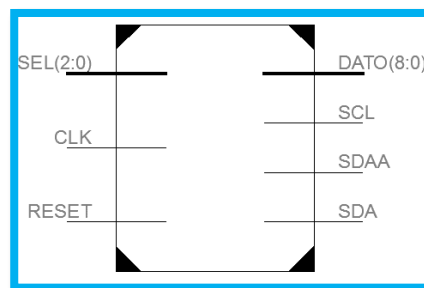


Figura 5. Diseño esquemático del sistema de configuración del sensor de imagen.

El diseño cuenta con las salidas SDA y SCL, además de un vector de salida nombrada DATOS (8:0) para mostrar la lectura de datos que son de 8 bits más un bit de reconocimiento.

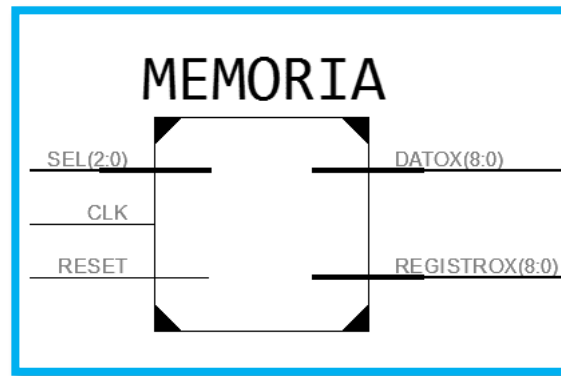


Figura 6. Bloque que contiene los registros y datos

El bloque memoria Figura 6, cuenta con registros y datos a enviar al sensor de imagen para su configuración, los datos y registros enviados son de 7 bits más la señal de reconocimiento. Como entrada tiene un selector de registros y datos almacenados en la memoria.

Resultados y discusión

Señales para escritura de datos en registros del sensor ov7670

Para la escritura de datos en registros, se utilizó el Ciclo de transmisión 3-Fases de escritura, Figura 1, Interfaz SCCB[6]. Este primer diseño mostrado la simulación (Figura 9) contiene la primera configuración deseada para el sensor de imagen mostrada en la Tabla 1, la cual es el reseteo de todos los registros y regresando a sus valores por default.

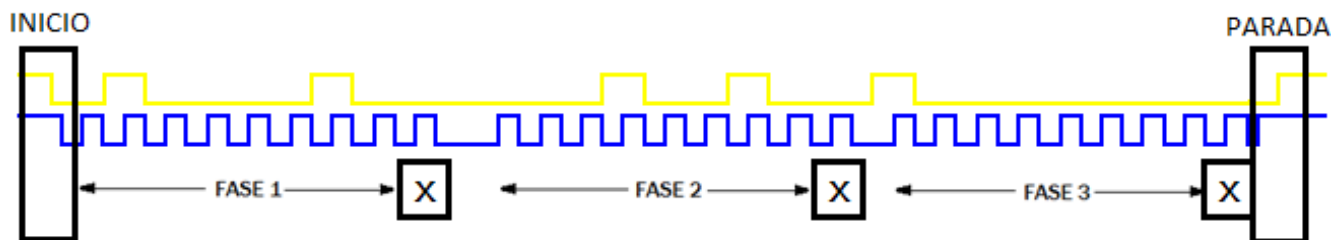


Figura 9. Simulación de las señales SDA y SCL del Ciclo de transmisión 3-Fases de escritura Interfaz SCCB

Esta simulación muestra las señales de los bloques antes mencionados, condición inicio, dirección del esclavo, señal de reconocimiento, dirección de registro, señal de reconocimiento, dato a escribir, señal de reconocimiento y finalmente la condición de parada.

En la figura 10 se muestran las señales generadas por la tarjeta NEXYS3 de DIGILENT[7], la cual tiene implantado el código que realiza dichas señales.

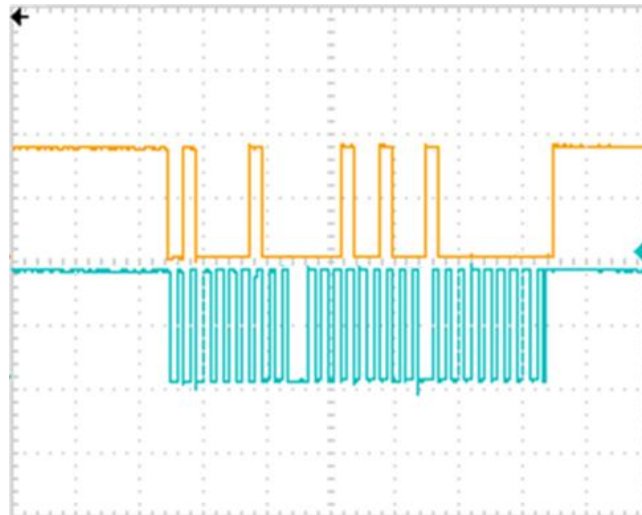


Figura 10. Vista de osciloscopio de las señales SDA y SCL del Ciclo de transmisión 3-Fases de escritura, Interfaz SCCB

Señales de lectura de datos en registros del sensor ov7670

Para la lectura de registros como se muestra en la Figura 11 en la simulación del Ciclo de transmisión 2-Fases de escritura, en la selección del registro a leer, seguido de la transmisión 2-Fases de lectura, para lectura del dato que contiene el registro direccionado. En su realización para la lectura de registros, la recomendación es llevar a cabo primero la configuración de escritura de datos en los registros[6].

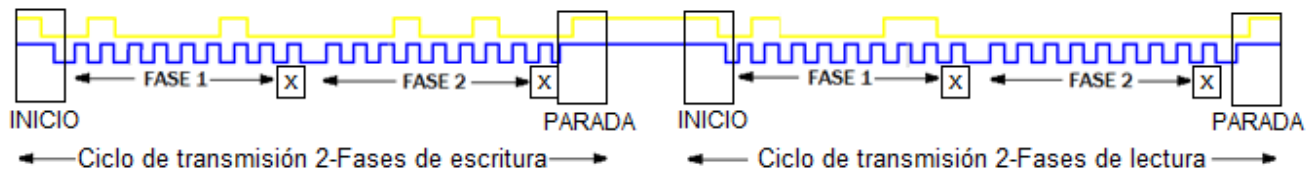


Figura 11. Simulación de Ciclos de transmisión para la lectura de datos.

En la Figura 11 se muestra la simulación de los ciclos de transmisión para la lectura del dato a leer en el registro seleccionado. En esta simulación se pretende leer el dato que contiene el registro 0x12 como se muestra en la Tabla 1.

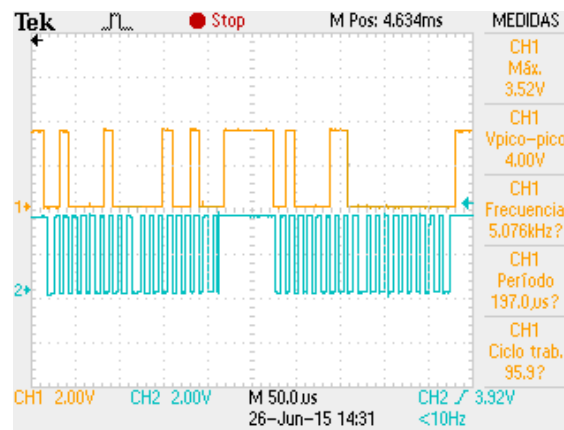


Figura 12. Imagen de osciloscopio de las señales SDA y SCL, para lectura de datos, Interfaz SCCB

En la figura 12 se muestra primero el Ciclo de transmisión 2-Fases de escritura, para selección del registro a leer que contiene el sensor de imagen, y en seguida se realiza el ciclo de transmisión 2-Fases de lectura para adquirir el dato que contiene el registro que anteriormente se ha seleccionado.

Trabajo a futuro

Como trabajo futuro, se pretende obtener imagen del sensor, con las propiedades que se ha configurado y hacer uso de este trabajo y demostrando que efectivamente el sensor es configurado. También se pretende usar este trabajo para configurar otros sensores que utilicen la comunicación I2C, ya que menciona que el protocolo SCCB es compatible con el protocolo I2C[5].

Conclusiones

En las simulaciones anteriores se muestra la lectura y escritura de datos que contienen los registros. A grandes rasgos, funciona de la siguiente manera:

“Se inicia la transmisión con la condición START, se escribe la dirección del esclavo en modo escritura, se indica el registro a leer y se finaliza la transmisión con la condición STOP”, ya abierto el registro se procede a leer el dato, se “inicia la transmisión con la condición START, se escribe la dirección del esclavo en modo lectura, se lee el Dato y se Finaliza la transmisión con la condición STOP” para cada dato enviado se recibe una señal de reconocimiento.

Este trabajo dio el conocimiento necesario para que en trabajos futuros pueda ser implantado en otros dispositivos que utilicen la comunicación I2C, la cual es compatible con SCCB por sus siglas en ingles *Serial Camera Control Bus*.

Referencias

- [1] I. Bravo, J. Baliñas, A. Gardel, J. L. Lázaro, F. Espinosa, and J. García, “Efficient smart CMOS camera based on FPGAs oriented to embedded image processing,” *Sensors*, vol. 11, no. 3, pp. 2282–2303, 2011.
- [2] S. Akram, M.-U.-D. Dar, and A. Quyoum, “Document Image Processing - A Review,” *International Journal of Computer Applications*, vol. 10, no. 5, pp. 35–40, 2010.
- [3] J. G. Pandey, A. Karmakar, C. Shekhar, and S. Gurunarayanan, “Platform-Based Design Approach for Embedded Vision Applications,” *J. Image Graph.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2013.
- [4] J. G. Pandey, S. Purushottam, A. Karmakar, and C. Shekhar, “Platform-Based Extensible Hardware-Software Video Streaming Module for a Smart Camera System,” vol. 2, no. 4, pp. 482–487, 2012.
- [5] G. Description, A. Information, P. Datasheet, and K. Specifications, “OV7670/OV7171 CMOS VGA (640x480) CAMERACHIPTM Sensor with OmniPixel® Technology,” *Converter*, pp. 1–32, 2004.
- [6] H. V Floating and M. D. Ics, “OmniVision Serial Camera Control Bus (SCCB) Functional Specification,” *Int. Rectifier*, pp. 1–24, 2003.
- [7] P. Port, “N e x y s 3™ B o a r d R e f e r e n c e M a n u a l,” vol. 99163, no. 509, pp. 1–22, 2013.

Rediseño de un sistema de detección de fuerzas multiaxiales y torque para mano y muñeca

E. Trigos López*, G. Águila Rodríguez, I. Herrera Aguilar.

Instituto Tecnológico de Orizaba. División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI). Av. Instituto Tecnológico No. 852, Col. E. Zapata, C.P. 94320 Orizaba-Veracruz-México.

*etrilo@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Electrónica

Resumen

Este artículo presenta un replanteamiento en el diseño de un prototipo de detección de fuerzas enfocados al área de rehabilitación de mano o muñeca. Se propone la integración de sensores de fuerza para la detección de los vectores de fuerza interactuantes en el proceso de rehabilitación y para proveer información de ayuda en la valoración del estado de recuperación de los pacientes, tomando como base prototipos desarrollados en el Tecnológico de Orizaba. Son descritos un par de procedimientos llevados a cabo con la finalidad de mejorar un sistema de detección de fuerzas multiaxiales y finalmente, se presentan las conclusiones de la importancia del desarrollo de este prototipo y el trabajo a futuro.

Palabras clave: Fuerza, sensor, galgas extensiométricas, rehabilitación.

Abstract

This article presents a reassessment in the design of a force detection prototype focused on rehabilitation of hand and wrist. It is the proposed integration of force sensors for detecting interacting force vectors in the rehabilitation process to provide information to aid in assessing the state of recovery of patients, based on prototypes developed in the Tecnológico de Orizaba. Are described a couple of procedures carried out in order to improve detection system multiaxial forces and finally the conclusions of the importance of developing this prototype and future work are presented.

Keywords: Force, sensor, strain gages, rehabilitation.

Introducción

La tecnología de hoy se ha visto inmersa en casi todos los campos de trabajo, como el militar, la salud, el ocio, entre otros, siendo la medicina uno de los más beneficiados, debido a que estas tendencias impulsan el desarrollo de herramientas especializadas que facilitan el trabajo del médico y la recuperación de los pacientes. Las manos humanas pueden realizar una gran cantidad de tipos de agarres y movimientos, mezclando movimientos de solo algunos dedos, agarrando objetos de diferentes formas y tamaños, empujando o jalando objetos, etc. La mano humana es un mecanismo muy complejo que funciona bajo una configuración de tendones, huesos, músculos y ligamentos, los cuales trabajan conjuntamente para realizar movimientos. La mano humana tiene un desempeño que le permite ejecutar una amplia cantidad de tareas con una gran precisión y fuerza.

El diseño y la caracterización de sensores son importante para el desarrollo del control de fuerza para manos robóticas y exoesqueletos, en la cual son determinadas las superficies de los objetos para ejercer determinada fuerza de agarre [1] [14], también han sido caracterizados sensores para detectar la fuerza de agarre en pinza de

los dedos pulgar e índice [2], sensores suaves para fuerzas multiaxiales [12] o sensores esféricos [13]. También son desarrollados dispositivos que tienen como objetivo, el desarrollo de brazos robóticos, ya que en algunos de ellos se adicionan sistemas de agarre para sujeción firme con sensores de fuerzas multiaxiales y torque [3]. Encontramos sistemas desarrollados exclusivamente a la detección y medición de fuerzas de la muñeca aplicadas al proceso de rehabilitación, así como dispositivos que tienen como aplicación el área de la rehabilitación de los movimientos finos de la mano [5]. Por otra parte y enfocados a aplicaciones médicas, la detección de fuerzas es importante para realizar cortes con bisturí, para esto se han estudiado cortes por medio de robots [4].

Los sistemas mecatrónicos aplicados en la rehabilitación activa/pasiva de la muñeca son una solución viable para el proceso de reintegración de los pacientes a la vida cotidiana. En el área de la Maestría en Ingeniería Electrónica del Tecnológico de Orizaba, se han desarrollado sistemas mecatrónicos para rehabilitación de muñeca [5] [6], sin embargo la adecuación de sensores de fuerza a estos sistemas será fundamental para la detección de los vectores de fuerza interactuantes en el proceso de rehabilitación. El desarrollo de este proyecto también deberá proveer información de ayuda en la valoración del estado de recuperación de los pacientes. Para llevar a cabo este prototipo, se plantea determinar los objetivos a optimizar y la adecuación de sensores magnéticos para detectar los desplazamientos y las fuerzas ejercidas en los prototipos. A continuación, son presentados los resultados de la experimentación realizada utilizando una celda de fuerzas multiaxiales y las propuestas de optimización de la misma.

Metodología

Pruebas con sistema de fuerzas multiaxiales

El prototipo utilizado es una celda de carga para medir fuerzas multiaxiales y torque. El prototipo cuenta con 4 sensores Flexiforce A301 para la detección de las fuerzas por medio de la palanca y actuadores. Los sensores se encuentran posicionados en el eje vertical y horizontal, concéntricos a la palanca.

Se utilizó una estructura a base de aluminio, con la cual se logra apoyar y sujetar a la celda de medición. Esta misma estructura tiene un par de poleas de las cuales, se utiliza una de ellas para sostener una base tensionada en la que se colocan distintos pesos para realizar las pruebas. Esta cuerda se sujeta a la palanca para simular que se está aplicando una fuerza que variara de acuerdo a los pesos colocados.

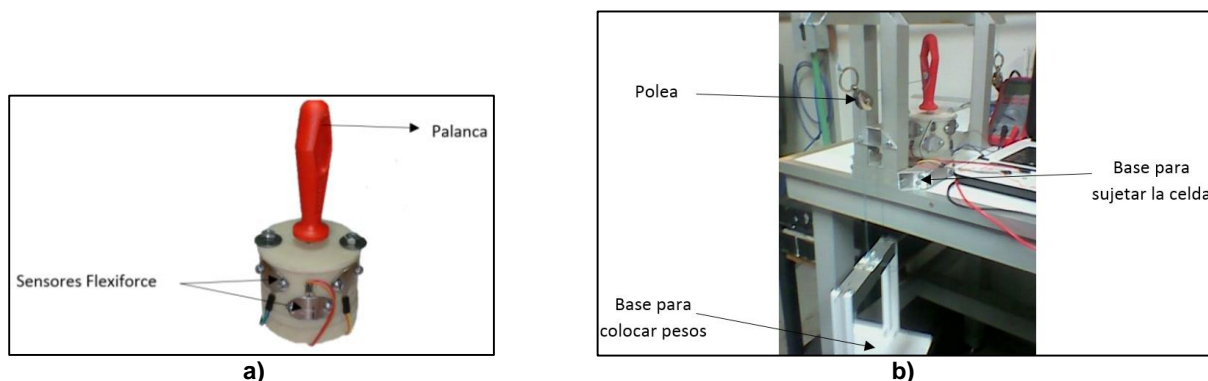


Figura 1. (a) Celda de carga para medición de fuerzas multiaxiales. (b) Elementos de apoyo para realizar las pruebas.

El microcontrolador utilizado para realizar las pruebas fue un arduino ATMEGA 2560 por medio del cual se logra la adquisición de las señales de salida provenientes de los cuatro sensores utilizados para medición de fuerzas axiales. Mediante un divisor de voltaje es posible obtener una tensión de salida proporcional a la fuerza aplicada en los sensores de fuerza. También fue realizada una interfaz mediante Labview para recibir, adquirir, almacenar y visualizar los datos. Se utilizaron obleas de diferentes masas que fueron colocados alternadamente para observar el aumento o disminución de fuerzas. Estas obleas cuentan con masas dadas, las cuales fueron expresadas en fuerzas.

Planteamiento de sensor de posicionamiento mediante sensores de efecto Hall

Como parte de la optimización del prototipo de ayuda en la rehabilitación de la muñeca y enfocándonos al reposicionamiento de la palanca para medición de fuerzas axiales, se pretende desarrollar un detector de posicionamiento para sensar cuáles son las posiciones actuales de la palanca al realizar los movimientos axiales durante la aplicación de fuerzas, también ayudara en la calibración y el reposicionamiento de la palanca en el punto de origen. El sensor OH49E es un sensor lineal que al aumentar el campo magnético en un radio cercano al sensor aumenta la señal de voltaje de salida.

Se diseñó y elaboró una mesa de posicionamiento x - y, la cual es de ayuda para realizar los movimientos de la base que contiene los imanes para lograr la experimentación en movimientos cartesianos x-y. Esta mesa está compuesta a partir de láminas plásticas con regletas marcadas en cm y mm para ajustar el posicionamiento deseado para ambos ejes. En la figura 1a se puede observar que la mesa de posicionamiento tiene dos ejes de deslizamiento, con los cuales se puede desplazar la base con los 4 imanes de neodimio. Esta mesa se coloca sobre la placa que contiene los sensores de efecto hall para realizar la experimentación.

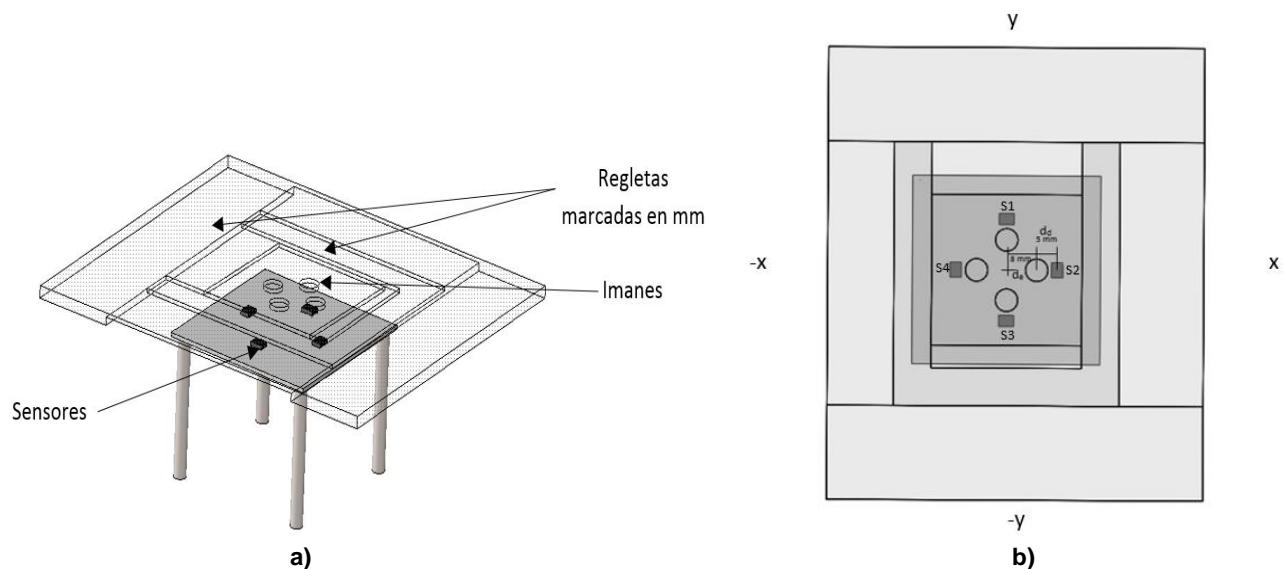


Figura 2. (a) Placa fenólica con sensores y mesa de posicionamiento. (b) Vista superior con señalamiento de los desplazamientos

En la figura 1a se observa la placa que contiene los sensores y sirve como base para sujetar a la mesa de desplazamiento, en la figura se observan los elementos en conjunto. En la figura 1b son mostradas las distancias que existen del centro de origen hacia el radio de los imanes de neodimio o distancia de equilibrio (d_e), la distancia del centro del imán hacia el centro de los sensores magnéticos es determinada como distancia de desplazamiento (d_a) y es la distancia en la que se irán recorriendo los imanes de manera perpendicular en mm. El voltaje de alimentación utilizado fue variado hasta 5v, de acuerdo a las especificaciones del fabricante y es ocupado un Arduino ATMEGA 2560 como microcontrolador para adquisición de los valores por medio del convertidor ADC.

Resultados y discusión

Curva de respuesta al aplicar fuerzas en ejes x-y

A partir de las pruebas realizadas se obtuvieron las curvas características de los sensores de fuerza en estudio. Se realizó el estudio del efecto drift sin el circuito de acondicionamiento y mediante las gráficas se puede determinar que el efecto drift en esta parte es reducida para los sensores.

Se muestran los resultados en las gráficas para expresar la respuesta del sensor al variar los pesos y por ende la fuerza aplicada. Para esta parte se observa claramente el efecto drift para cada peso que es colocado, por medio de estas graficas podemos destacar que la variación en el tiempo del valor de los sensores es menor de .04v. En esta parte también se nota una curva proporcional de voltaje-peso.

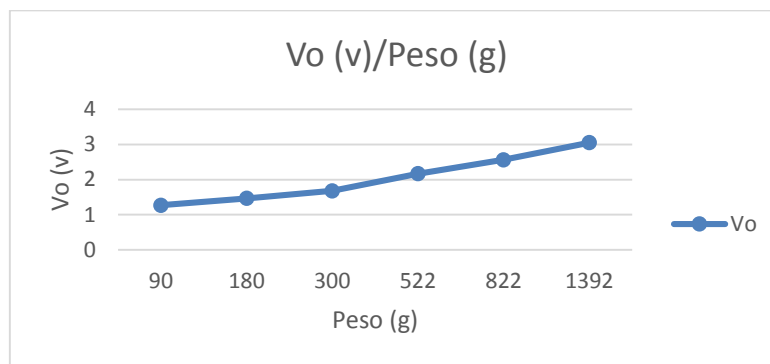


Figura 3. Respuesta al incrementar la fuerza aplicada sobre la palanca.

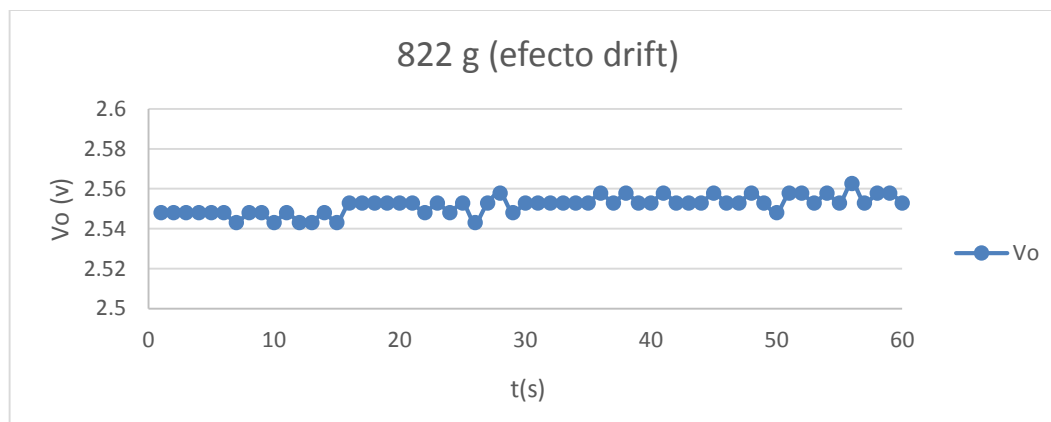


Figura 4. Efecto drift al aplicar una fuerza constante.

Todas las pruebas realizadas tuvieron finalidades precisas como realizar el estudio del efecto drift en los sensores o buscar alternativas al inconveniente del reposicionamiento de la palanca. Todo el estudio realizado es importante entre otras cosas para el rediseño del prototipo.

Curvas de respuesta los sensores magnéticos

En la Figura se describe el comportamiento de los sensores al realizar movimientos en un solo eje x, -x, y y -y. En estas graficas se puede observar como al desplazar la matriz de imanes existe un aumento incremental en el voltaje del sensor posicionado en ese vector, mientras que los otros tres sensores prácticamente permanecen cercanos a un solo valor.

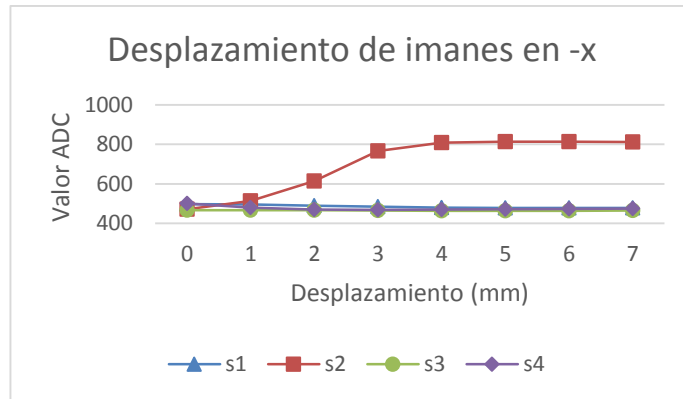


Figura 5. Respuesta de los sensores de efecto hall al realizar los desplazamientos.

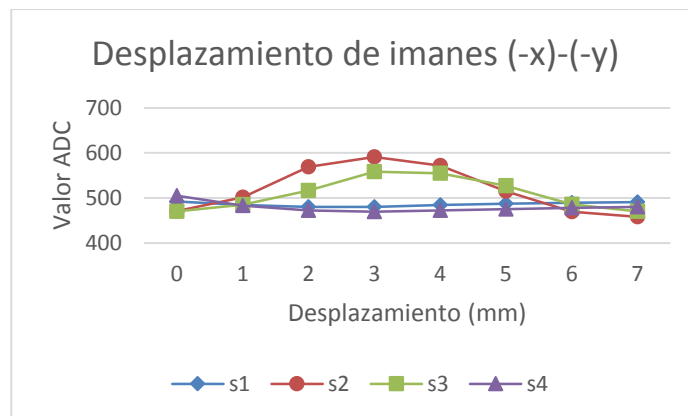


Figura 6. Respuesta de los sensores de efecto hall al realizar desplazamientos en dos ejes.

En la figura son mostrados los resultados al realizar mediante la mesa de posicionamiento variaciones de posición combinadas en los ejes x – y, en estas graficas se observa como al mover la matriz con los imanes combinando posiciones x – y en el voltaje de salida tenemos variaciones en los dos sensores posicionados en ese eje.

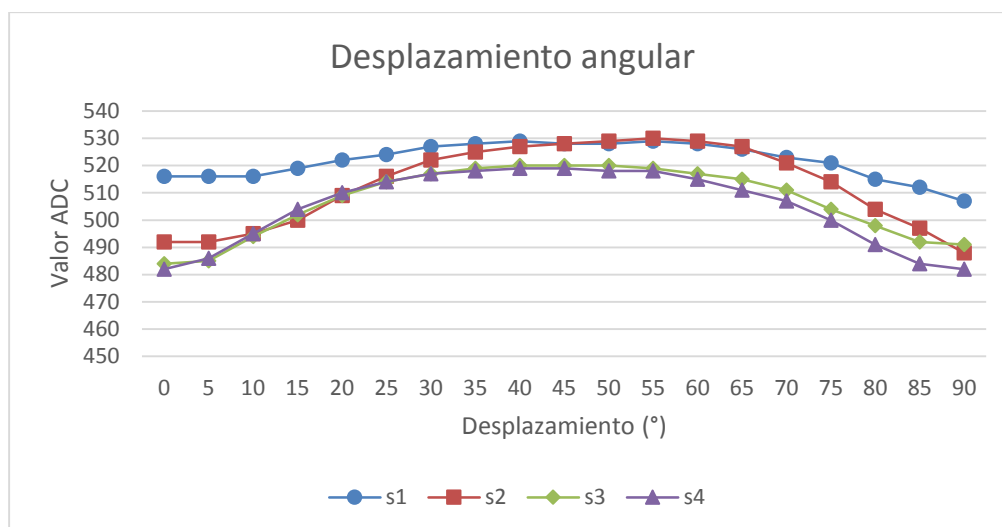


Figura 7. Respuesta de los sensores de efecto hall al realizar desplazamientos concéntricos en un radio de 5 mm.

La gráfica y tabla anteriores muestran el resultado de las pruebas realizadas para un movimiento angular de la matriz de imanes. En la gráfica es notable que existe una salida de voltaje mayor aproximadamente a los 45° y disminuye al mover la posición de los imanes de forma angular hasta los 0 o 90°.

El objetivo de las pruebas como se menciono es el de observar la respuesta de los sensores de efecto Hall para implementar un detector de posición como propuesta de solución para ayudar en la calibración y lograr un posicionamiento en el origen establecido de la palanca de la celda de medición.

La respuesta de los sensores como se observó, presentan características que las hacen útiles para realizar el detector de posicionamiento de la palanca, este detector de posicionamiento aún se encuentra en desarrollo, sin embargo al realizar los resultados de las pruebas anteriores sirven para establecer los componentes mecánicos adecuados para sujetar los imanes al eje de la palanca o para posicionar la base de los sensores en la celda y así, diseñar un sensor de posicionamiento.

Trabajo a futuro

Se continúa con el estudio de interacción de fuerzas para diseñar una celda de carga que sea capaz de detectar las fuerzas ejercidas en varios ejes además del torque. Se trabajará con la elaboración de sensores diferentes a los utilizados como galgas extensiométricas. Se continua con el estudio matemático de las fuerzas interactuantes, así como el mejoramiento del sistema para hacerlo ergonómico. Se seguirá con la integración de los imanes en el eje de la palanca y los sensores, además del desarrollo de una interfaz para despliegue de la información.

Conclusiones

Con el estudio presentado, se tienen las bases para dar el seguimiento a un estudio de las diferentes fuerzas de la muñeca, serán planteadas nuevas metodologías para el desarrollo de una celda de carga útil para la detección de fuerzas en diferentes ejes y torque. A partir del estudio se buscara mejorar los parámetros tales como precisión, exactitud y repetibilidad en los sensores a utilizar, será propuesta además un tipo de celda que disminuya los errores debido a la variación de temperatura y del efecto drift. Por otra parte el desarrollo de un sensor de posición ayudara en la calibración del instrumento y se estudiara el desplazamiento en relación con la fuerza ejercida. Es propuesto también que través de la adecuación de sensores y el procesamiento de las señales por medio de un sistema programable en chip (PSoC) se lograra la valoración de manera efectiva en los pacientes en rehabilitación.

Referencias

1. Marco Fontana, Massimo Bergamasco, Fabio Salsedo, "Mechanical Design and Experimental Characterization of a Novel Hand Exoskeleton", Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa, Italy.
2. Daniel Bourbonnais, Victor Frak, Jean-François Pilon, Michel Goyette, "An instrumented cylinder measuring pinch force and orientation", J Neuroeng Rehabil. 2008.
3. Futoshi Kobayashi, George Ikai, Wataru Fukui, and Fumio Kojima, "Two-Fingered Haptic Device for Robot Hand Teleoperation", Hindawi Publishing Corporation Journal of Robotics, Volume 2011, Article ID 419465.
4. Edilberto Mejia, Jorge Megia, Jaime D., Oscar A. Dario A., "Dispositivo transconductor para la medición de fuerza y velocidad en una tarea de corte con escapelo", Revista EIA, ISSN 1794-1237 Número 14, p. 147-160. Diciembre 2010.
5. Patricia Cornelio, "Diseño de un sistema auxiliar para rehabilitación motriz", Instituto Tecnológico de Orizaba, Maestría en Ingeniería Electrónica.
6. Viviana Lorenzo, "Diseño y fabricación de sensores de esfuerzo para su aplicación en un sistema de rehabilitación de muñeca", Instituto Tecnológico de Orizaba, Ingeniería Electrónica.
7. Cuccurrullo J. Sara. Physical Medicine and rehabilitation Board Review, M.D. editor (2006).
8. Manuel C., Felipe R., Asfur B., "Exoesqueletos para potenciar las capacidades humanas y apoyar la rehabilitación", Revista Ingeniería Biomédica, ISSN 1909-9762, volumen 4, número 7, enero-junio 2010, págs. 63-73.
9. Hong Z. Tan, Brian Eberman, Mandayam A., Belinda Cheng, "Human factors for the design of force reflecting haptic interface", The American Society of Mechanical Engineers, Book No G0909-A1994.
10. Kazuo Kiguchi, Takakazu Tanaka, Toshio Fukuda, "Neuro-fuzzy Control of a robotic Exoeskeleton With EMG Signals", IEEE, vol 12, No. 4, Agosto 2004.
11. Myung-Chul Jung, M. Susan Hallbeck, "The effect of wrist position, angular velocity, and exertion direction on simultaneous maximal grip force and wrist torque under the isokinetic conditions", International Journal of Industrial Ergonomics 29 (2002) 133-143.
12. Daniel Vogt, Yong-Lae Park and Robert J. Wood, "A Soft Multi-Axis Force Sensor", 978-1-4577-1767©2012 IEEE
13. H.-M. Kim J. Yoon G.-S. Kim, "Development of a six-axis force/moment sensor for a spherical-type finger force measuring system", IET Science, Measurement and Technology, ISSN 1751-8822.
14. Ting Zhang, Shaowei Fan, Jingdong Zhao*, "Li Jiang and Hong Liu, Multifingered Robot hand Dynamic Grasping Control Based on Fingertip Three-axis Tactile Sensor Feedback", 11th World Congress on Intelligent Control and Automation, 2014.

Estudio Experimental de la respuesta inicial y en estado de equilibrio de sensores químicos para gas LP

J. A. Álvarez Hernández*, G. Águila Rodríguez, O. O. Sandoval González.
Instituto Tecnológico de Orizaba, División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI), Av. Instituto Tecnológico No. 852, Col. E. Zapata, C.P. 94320 Orizaba, Veracruz, México.
*javalhe@gmail.com, gerardo_aguila03@yahoo.com.mx
Área de participación: Maestría en Ingeniería Electrónica

Resumen

Los sistemas para detección y medición de variables químicas aun presentan diferentes problemas. Entre los más comunes se pueden señalar la falta de reproducibilidad, tiempos de respuesta largos (varios minutos), tiempo de vida corto y la necesidad de múltiples etapas de acondicionamiento electrónico para extraer la información. Con el objeto de compensar algunas de las desventajas anteriores, en la literatura se encuentran diferentes estrategias para acondicionar y procesar las señales provenientes de los sensores. En vista de lo anterior en este trabajo se presenta un estudio experimental de la respuesta de sensores químicos para gas LP con el objetivo de analizar cómo es la sensibilidad y la reproducibilidad en un rango de concentraciones que van desde 847 a 2973 ppm. Específicamente se utilizaron los sensores TGS-2610 de la compañía Figaro y los resultados muestran que la sensibilidad y la reproducibilidad son adecuadas para su posible uso en la implementación de una nariz electrónica para gases explosivos.

Palabras clave: Gas LP, Nariz Electrónica, optimización, PPM.

Abstract

Systems for detecting and measuring chemical variables still present different challenges such as: the default of reproducibility, the long response times (several minutes), the short life time and the need for multiple electronic conditioning to extract information. There are different approaches to condition and process signals from sensors presented in literature to cope with the mentioned disadvantages. Therefore, the present paper implemented an experimental study of the chemical sensors (TGS-2610 sensors from the company Figaro) response to LP gas with the purpose of analyzing sensitivity and reproducibility over a range of concentrations ranging from 847-3250 ppm. Results showed that the sensitivity and reproducibility are suitable for these sensors to be implemented on an electronic nose for explosive gases.

Introducción

El hombre ha tenido la necesidad de crear sistemas electrónicos, con el objetivo de emular y ampliar las capacidades de sus sentidos, y, en algunos casos, incorporar estas funciones a otras máquinas tales como los robots. Uno de los sentidos que está cobrando mayor interés por sus múltiples usos prácticos es el sentido del olfato. [1]. En esas aplicaciones reportadas en la literatura es posible identificar una gran diversidad de sensores químicos para gases, circuitos de acondicionamiento de señal y técnicas de procesamiento basadas en microcontroladores. Se identifica además que estos sistemas tienen un papel destacado en el control de calidad, monitoreo de etapas de producción, evaluación de la frescura de frutas o verduras y diferentes procesos industriales. [2].

Estos sistemas electrónicos para medir o identificar variables químicas son conocidos también como narices electrónicas. Su estructura en términos generales consiste de un arreglo de sensores químicos que modifican alguna de sus propiedades eléctricas cuando interactúan con un gas específico en el medio circundante [1]; dependiendo de la dimensionalidad del arreglo de sensores, los datos obtenidos pueden ser procesados, con el fin de reducir y obtener la huella digital olfativa que representa los rasgos característicos del ambiente [3]. Esta huella olfativa es procesada utilizando diferentes técnicas de análisis estadístico o un método que permita el reconocimiento de patrones, para la clasificación o identificación de la sustancia sensada [2].

Sin embargo, un aspecto clave para el funcionamiento de estos sistemas radica en un conocimiento amplio de las limitaciones de los sensores, para que, partiendo de este punto sea posible compensar sus deficiencias mediante técnicas de acondicionamiento o procesamiento de señales. Un campo de aplicación con mucha importancia por sus implicaciones sociales es el relacionado con la protección civil. Aquí es necesario contar con sistemas electrónicos robustos y confiables para medir y detectar gases explosivos o tóxicos.

Con base a todo lo anterior, en este trabajo se desarrollaron un conjunto de mediciones utilizando diferentes concentraciones de gas licuado de petróleo (gas LP) como variable de interés, se utilizó una cámara especialmente adaptada para controlar la atmósfera de medición y un conjunto de circuitos electrónicos analógicos y digitales para estudiar la respuesta de los sensores.

Metodología

Materiales

Para estudiar la respuesta de los sensores de gas LP se implementaron dos circuitos básicos de acondicionamiento para el sensor TGS2610 tal como se muestra en la figura 1.

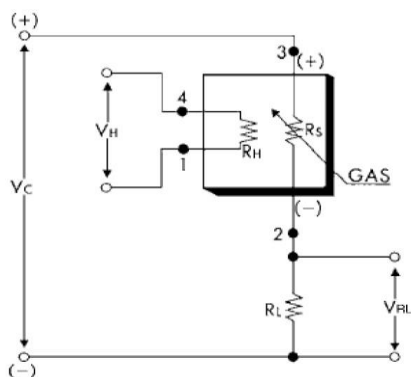


Figura 1a. Circuito básico de acondicionamiento de señal para el sensor de gas L.P. [6].

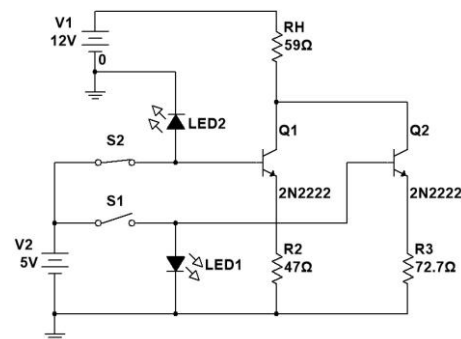


Figura 1b. Circuito de control de corriente para el calefactor del sensor [6].

La figura 1a corresponde al circuito básico de acondicionamiento de señal dado por el fabricante el cual se utilizó en este estudio. Por su parte en la figura 1b se muestra el circuito de control de potencia eléctrica para el calefactor del sensor. Este circuito es importante porque permite ajustar la temperatura de medición del sensor ($T=200\text{ }^{\circ}\text{C}$ aprox.) y, además, da la posibilidad de ejecutar ciclos de limpieza/regeneración de la superficie activa ($T=350\text{ }^{\circ}\text{C}$ aprox.) Para delimitar las propiedades de la atmósfera de medición se utilizó una cámara diseñada convenientemente con un volumen interno total de 0.4147 litros, los detalles sobre su fabricación se encuentran reportados en [6]. Adicionalmente para la adquisición de datos se utilizó la tarjeta Arduino Atmega 2560 y una interfaz gráfica desarrollada en Lab-View tal como se muestra en la figura 2.

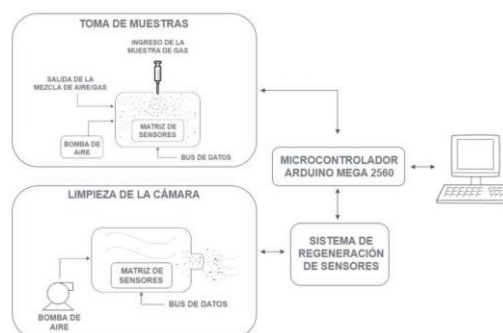


Figura 2. Diagrama a bloques del método de medición para gases explosivos.

Metodología de medición

Las mediciones consistieron básicamente de lo siguiente; se inicia el sistema y se ejecuta un ciclo de limpieza/regeneración de 15 minutos ($T=350\text{ }^{\circ}\text{C}$ y flujo de aire limpio) y 10 minutos más para estabilizar el sistema. Un indicador de que esta condición ya se alcanzó es porque la línea base no presenta cambios. Una vez estabilizado el sistema se inyectaron en la cámara diferentes volúmenes de gas LP (65% butano y 35% propano) mediante una jeringa (ver tabla 1). Entre cada inyección la cámara de medición se limpia mediante un flujo de aire hasta observar que la línea base se recupera y al final de la última muestra se ejecuta nuevamente un ciclo de limpieza/regeneración.

Tabla 1. Volumen y su equivalente en partes por millón de las muestras utilizadas para estudiar la respuesta de los sensores químicos.

Vol. (ml)	Gas LP		PPM Calculado	
	Butano (65%)	Propano (35%)	Butano	Propano
1.0	0.000650	0.000350	1567.40	843.98
2.0	0.001300	0.000700	3134.80	1687.97
3.0	0.001950	0.001050	4702.19	2531.95
4.0	0.002600	0.001400	6269.59	3375.93
5.0	0.003250	0.001750	7836.99	4219.92

Resultados y discusión

Resultados de las mediciones

En la figura 1, se presenta los resultados para una serie de mediciones con las concentraciones de gas LP reportados en la tabla 1.

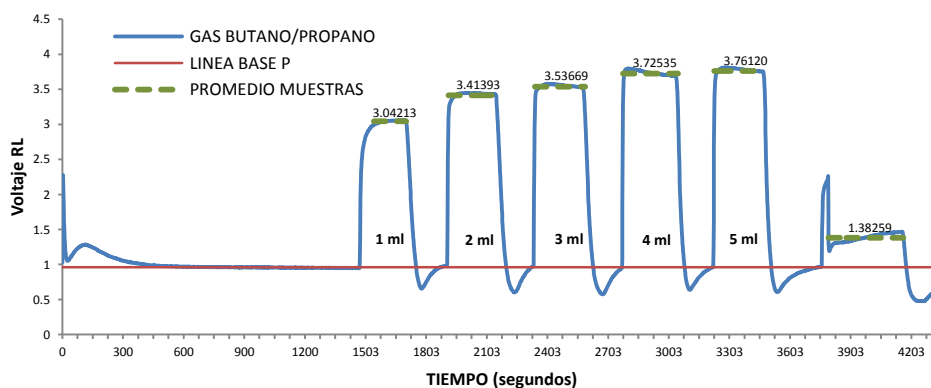


Figura 1. Respuesta del sensor de gas LP para diferentes volúmenes de gas.

Como se puede observar, el tiempo de limpieza/estabilización es de aproximadamente 25 minutos. Para una concentración de 1 ml la respuesta del sensor alcanza un valor promedio de 3.04 volts y conforme aumenta la concentración la amplitud de la respuesta también aumenta. Adicionalmente vemos que la línea base se recupera satisfactoriamente.

Con base a la gráfica anterior, en la tabla 2 se presenta un resumen de la respuesta para las diferentes concentraciones y en la figura 2 se presenta una gráfica para ilustrar el comportamiento de la sensibilidad.

Tabla 2. Número de muestra, partes por millón y voltaje promedio de la respuesta del sensor de gas LP.

Muestra	Volumen	PPM experimental	Promedio de VRI	Diferencia en voltaje
1	1 ml	847.698	3.04213	
2	2 ml	1558.031	3.41393	0.37180
3	3 ml	1930.637	3.53669	0.12276
4	4 ml	2757.748	3.72535	0.18866
5	5 ml	2973.294	3.76120	0.03585

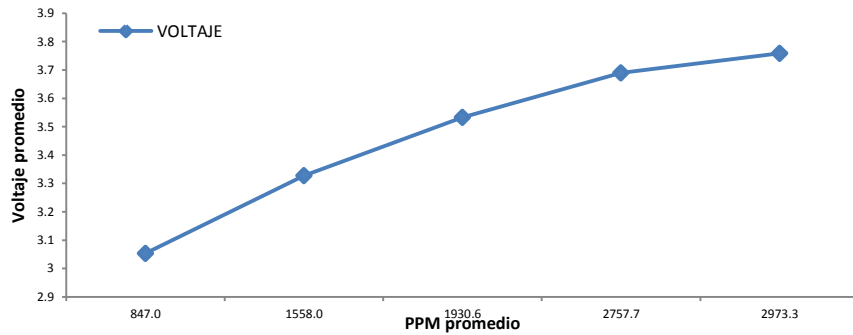


Figura 2. Comportamiento experimental de la sensibilidad del sensor de gas LP TGS 2610 para el rango de concentraciones de 847 a 3250 ppm.

De acuerdo a la figura anterior, aumenta el valor del voltaje al detectar la presencia del gas, permitiendo calcular la sensibilidad, el cual reporta un valor de 333 $\mu\text{V/ppm}$ para el rango de medición de 850 a 2757 ppm, mientras que para el rango de 2757 ppm a 2973.294 el valor de la sensibilidad disminuye a 318 $\mu\text{V/ppm}$. Se aprecia que la diferencia en voltaje entre las muestras va decreciendo conforme aumenta el volumen de gas, esto es debido a la saturación a la que se expone el sensor, la cual afecta a la sensibilidad.

La estabilidad indica la desviación en la salida del sensor al variar ciertos parámetros exteriores distintos al que se pretende medir, estos parámetros también llamado ruido, pueden ser las condiciones ambientales a las que está expuesto el sensor. En la figura 1, se observa que no logra alcanzar un punto de estabilidad pero se puede tomar de un tiempo aproximado de 2.5 minutos para referirse al punto de estabilidad, este tiempo necesario depende de la velocidad al ingresar la muestra y la cantidad de volumen ingresado, la presión, temperatura y humedad también afectan al sensor para estabilizarse.

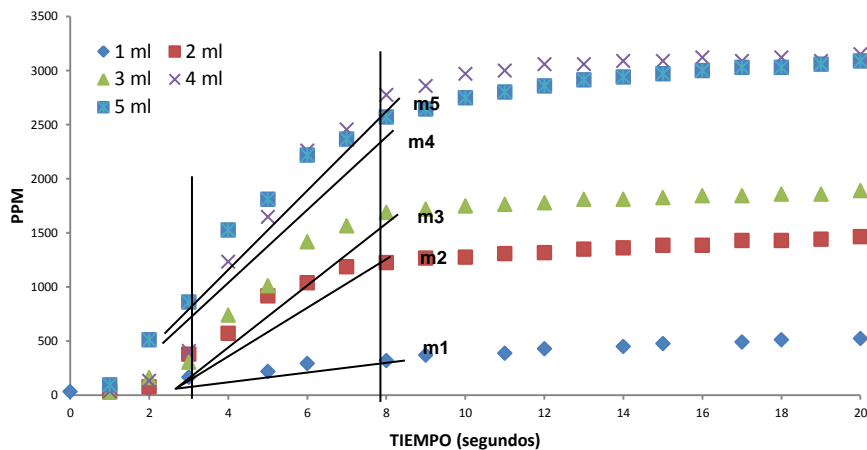


Figura 3. Curva característica de los impulsos obtenidos por las mediciones al ingresar las muestras de gas LP con variaciones en volumen con el sensor TGS-2610 de la nariz electrónica.

Se solaparon los datos de las mediciones al instante de ser ingresados a la cámara como se aprecia en la figura 3, en las curvas presentadas, se observan las pendientes que difieren de acuerdo a la concentración de gas LP y en la figura 4 se visualiza los valores de estas pendientes.

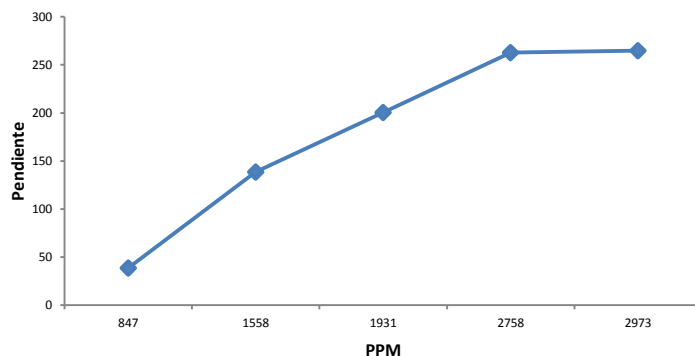


Figura 4. Valor de las pendientes de la respuesta inicial al ingresar las muestras de gas LP con variaciones en concentración.

Las pendientes presentadas en la figura anterior, son de interés, ya que estas se pueden implementar para la predicción del estado estacionario que alcanzaría una muestra, reduciendo el tiempo de espera de este valor por medio de algoritmos. La tabla 3 contiene la relación de cambio de cada muestra tomada por la nariz electrónica al momento de ingresar el gas LP, en esta, se deduce que con el análisis de hasta 4 mediciones se puede realizar el análisis de predicción.

Tabla 3. Relación de cambio de voltaje entre cada muestra almacenada por la interfaz de usuario de la nariz electrónica, en el instante del ingreso de la muestra.

Número medición	Relación de voltaje entre las mediciones				
	1 ml	2 ml	3 ml	4 ml	5 ml
0	0.00000	0.00000	0.00980	0.00000	0.00000
1	0.04655	0.00980	0.48020	0.12250	0.12495
2	0.30870	0.48510	0.41650	0.37730	0.40180
3	0.30135	0.50715	0.29645	0.73500	0.54880
4	0.18620	0.27930	0.20090	0.36015	0.34300
5	0.09800	0.15435	0.10290	0.17150	0.17640
6	0.05880	0.07840	0.05880	0.08820	0.09800
7	0.04900	0.04165	0.02205	0.04410	0.05635
8	0.03430	0.01960	0.00980	0.03185	0.03430

En los números de medición del 1 al 4 de la tabla anterior, se logra obtener un cambio de relación superior a cero de acuerdo a los demás datos presentados, al igual que el incremento de esta relación con forme se ingrese una cantidad mayor en volumen de la muestra de gas. Es de interés mencionar que al no tener un tiempo de muestreo definido por el software, este afecta al calcular la relación de cambio que depende del tiempo entre cada medición.

Trabajo a futuro

Se propone utilizar los resultados de este trabajo como elementos de partida con el objetivo de optimizar el desempeño de los sensores químicos para gases explosivos, particularmente en la reducción de los tiempos de respuesta mediante algoritmos de inteligencia artificial.

Conclusiones

Se desarrolló la caracterización experimental de sensores químicos para gas LP en un rango de concentraciones de 847 a 2973 ppm. El análisis de los resultados muestra que la sensibilidad final del arreglo experimental es de 333 $\mu\text{V/ppm}$. Sin embargo, este valor puede mejorar si planteamos el uso de un circuito acondicionador de señal más elaborado tal como un puente de Wheatstone. Otro aspecto importante de resaltar, es que los tiempos de respuesta observados son del orden de 2.5 minutos, este hecho puede resultar crítico en aplicaciones donde se desea detectar gases explosivos de manera confiable tal como es nuestro caso, por lo tanto, este parámetro debe ser motivo de trabajo adicional.

Con respecto a la reproducibilidad, los resultados muestran consistencia y para los ciclos de medición utilizados, se observó un comportamiento bastante bueno. Por último, es importante señalar que a partir del estudio de la respuesta inicial de los sensores, existe la posibilidad de predecir su valor en estado estable lo que permitiría optimizar el comportamiento del sensor, siempre y cuando la velocidad con la que se hace la inyección sea constante.

Referencias

1. Moreno, I.; Caballero, R.; Galán, R. y Matía F. (2009). La Nariz Electrónica: Estado del Arte. RIAI, Vol. 6, N° 3, pp 76 – 91.
2. Quicazán, M. C.; Díaz A. C. y Zuluaga, C. M. (2011). La nariz electrónica, una novedosa herramienta para el control de procesos y calidad en la industria agroalimentaria. Revista de la facultad de química farmacéutica, Vol. 18, N° 2. 209 – 217.
3. García, M.; Aleixandre, M.; Gutiérrez, J. y Horrillo, M. C. (2006). Electronic nose for wine discrimination, Sensors and Actuators B: Chemicals. 911 – 916.
4. Durán, C. M. y Gualdron, O. E. (2012). Optimización de una nariz electrónica a través de un método de selección de variables, Tenth LACCEI Latin American and Caribbean Conference.
5. Gutiérrez, L. F. (2011). Evaluación de la calidad de productos lácteos por medio de la nariz electrónica, Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Vol. 61 N° 2.
6. González, M. N. (2014). Nariz electrónica para la detección del nivel de concentración de gases inflamables y/o tóxicos en espacios confinados, Tesis de maestría. Instituto tecnológico de orizaba.

Fabricación de instrumentación electrónica para la medición de humedad, temperatura y pH.

D. Moguel López, A. Martínez Sibaja, I. Herrera Aguilar, R. Posada Gómez, B. E. González Sánchez
Nacional de México campus Orizaba
Oriente 9 No. 852, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Veracruz, México
Área de participación: Ingeniería Electrónica

Resumen

Se construyeron dos prototipos para medir las variables de temperatura, humedad y pH, variables fundamentales para monitorear en un invernadero. El primer instrumento responsable del monitoreo de la temperatura y humedad, el cual utilizó un sensor que tiene un circuito integrado que proporciona la humedad relativa de manera lineal y además tiene un termistor de tipo NTC para medir la temperatura. La ecuación de Steinhart-Hart es indispensable para interpretar la respuesta del termistor. En el prototipo de medición de pH, se utilizó una sonda de medición de pH además se construyó una tarjeta de adquisición que no es más que una etapa de amplificación para interpretar las señales que proporciona la sonda. Los resultados de ambos prototipos fueron mostrados en pantalla de una PC, para esto en ambos prototipos se tiene una etapa de comunicación serial que trabaja con el protocolo de comunicación RS232.

Abstract

Two prototypes were built in order to measure temperature, humidity and pH, these are fundamental variables to monitor a green house. The first instrument is responsible to monitor temperature and humidity, a sensor with an integrated circuit was used, this provides linear relative humidity and it has a thermistor NTC that measure temperature. The Steinhart-Hart equation it's essential to interpret the response of the thermistor the second instrument is a prototype that measure the pH of a probe, an acquisition card that is no more than an amplification step to interpret the signals provided by the probe was built. The results of both prototypes were displayed on a PC screen, both prototypes have a serial communication using the RS232 communication protocol.

Introducción

Una planta requiere de varios elementos para su correcto crecimiento, como lo son un buen sustrato, irrigación adecuada y horas luz suficiente solo por mencionar algunos. En un invernadero estos elementos se aplican de forma controlada, por ello, el producto que se espera deberá ser de buena calidad, conociendo que estos elementos pueden ser aplicados o monitoreados de forma automática.

Desde hace mucho tiempo el uso de invernaderos se ha extendido en varias culturas, está comprobado que beneficia en calidad y producción además de ser una opción de mejora para el uso de recursos como el agua y el suelo [1], las variedades de especies a producir se han diversificado y ampliado, siendo una opción segura de éxito económico, cuando se cuentan con los conocimientos necesarios para administrar debidamente cada variable [2].

Como cualquier otra iniciativa, este diseño puede ser mejorado, como son en el área de la automatización y control, ya sea para mejorar la producción [3], proteger a los operadores [4], en la propagación de tejidos [5], o para mejorar el uso de recursos y la modificación de los espacios urbanos.

Por la parte de automatización, el control de las variables como humedad, temperatura y pH cuentan con una amplia gama de medios electrónicos, desde los más robustos [4] hasta los más sencillos [2], se debe buscar un control amigable para el operador y un costo reducido, también se puede mencionar que en este momento el control de las variables antes mencionadas requiere de un consumo de energía que puede variar entre calentar o enfriar el invernadero dependiendo del clima donde se instale donde se debe deben hacer estudios para comprobar viabilidad.

Métodos y materiales.

Prototipo de medición de temperatura y humedad.

La metodología para la elaboración de la instrumentación electrónica para la temperatura y humedad se basó en un solo sensor, el sensor HMZ-433A1 que cuenta con las dos variables, en la figura 1 se observa el sensor.

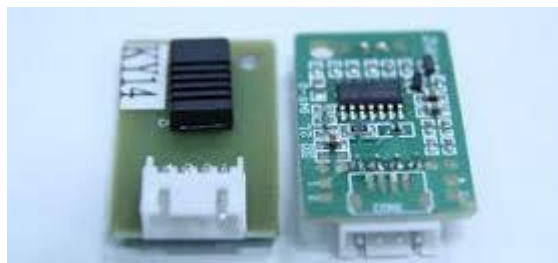


Figura 1. Sensor HMZ-433A1, sensor de humedad y temperatura, entrega una salida lineal de voltaje para la humedad y cuenta con un termistor del tipo NTC para medir la temperatura.

En la fuente de información del fabricante del sensor HMZ-433A1 se explica las características importantes. Entrega una salida lineal de voltaje para la lectura de la humedad que va de 0 a 3.3 voltios, tiene un termistor integrado del tipo NTC para medir la temperatura, tamaño reducido, se alimenta con 5 voltios y tiene un bajo consumo de corriente.

La respuesta del sensor, como se explica en las hojas del fabricante, se puede entender el comportamiento del sensor por medio de la Tabla 1 y Tabla 2 respectivamente. En la Tabla 1 se muestra la respuesta del termistor 503 que es parte del sensor HMZ-433^a el cual se puede apreciar que no es lineal, adelante se explicará con más detalle el funcionamiento del termistor 503. En la Tabla 2, se tiene la respuesta del sensor de la humedad, donde la respuesta de la magnitud física es lineal.

Tabla 1. Características del termistor 503.

Temperature(°C)	0	10	20	25	30	40	50	60
Resistance(KΩ)	160.56	98.714	62.328	50.0	40.356	26.756	18.138	12.554

Tabla 2. Respuesta del sensor con respecto a la humedad.

Humidity(%RH)	20	30	40	50	60	70	80	90
Output Voltage(V)	0.66	0.99	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97

Temperatura

Para tener una medida fiable de la temperatura adquirida por el termistor es necesario hacer los ajustes correspondientes, para tal ajuste es necesario identificar el modelo que rige el comportamiento del sensor; ese modelo es: la curva característica de un termistor individual, que puede ser aproximada a través del uso de la ecuación de Steinhart-Hart:

$$\frac{1}{T} = A + B \ln(R) + C(\ln(R))^3$$

Donde:

T = Temperatura en grados Kelvin.

R = Resistencia del Termistor en K-ohm.

A, B, C = Constante de la curva de aproximación.

El primer punto es encontrar las constantes A, B, y C. Por lo anterior, es necesario saber que el sensor HMZ433A1 utiliza un termistor 503 donde en la Tabla 1 se observa su funcionamiento.

Para el cálculo de las constantes, se propone el sistema de ecuaciones simultáneas de tres incógnitas para las temperaturas 0°C, 25°C y 50°C. Donde la temperatura (T) será $T \text{ Kelvin} = ^\circ\text{C} + 273.15$.

$$A + B \ln(160.56) + C (\ln(160.56))^3 = \frac{1}{0 + 273}$$

$$A + B \ln(50) + C (\ln(50))^3 = \frac{1}{25 + 273}$$

$$A + B \ln(18.138) + C (\ln(18.138))^3 = \frac{1}{50 + 273}$$

Para resolver este sistema de ecuaciones se utilizará el software Matlab, aplicando el siguiente código:

```
e1=[1 log(160.56) (log(160.56))^3 1/273]
e2=[1 log(50) (log(50))^3 1/(25+273)]
e3=[1 log(18.138) (log(18.138))^3 1/(50+273)]
e=[e1 ;e2; e3]
format long
ABC=rref(e)
A=ABC(1,4)
B=ABC(2,4)
C=ABC(3,4)
```

Resolviendo el sistema de ecuaciones se obtiene el valor de las tres incógnitas A, B Y C.

```
A = 0.002375311945203
B = 2.463220897587016e-004
C = 2.801948600440028e-007
```

Conociendo los anteriores valores $A = 0.002375311945203$ $B=0.000246322089759$ y $C=0.00000280194860$. Ahora sustituimos y despejamos en la ecuación Steinhart-Hart (modelo que describe el termistor) para próximamente implementarla en la interfaz electrónica correspondiente (donde T es en °C).7

$$T = \left(\frac{1}{A + B \ln(R) + (C \ln(R))^3} \right) - 273$$

El sensor nos proporciona un voltaje que es variable por el cambio en la Resistencia del termistor. Por lo anterior, es importante analizar el divisor de voltaje para encontrar la resistencia variable y como siguiente paso la temperatura. La resistencia variable tiene una resistencia de 50 k-ohm en serie.

$$R_{temp} = \frac{5 - V_o}{I_x}$$

$$I_x = \frac{V_o}{50 \text{ kohm}}$$

$$R_{temp} = \frac{50 \text{ kohm}(5 - V_o)}{V_o}$$

Encontrada la ecuación, como el arduino recibe el voltaje como entrada analógica, la ecuación anterior en la programación de arduino quedaría como:

$$R_{temp} = \frac{50kohm(1023 - RT)}{RT}$$

Humedad relativa

En el caso de la humedad, el sensor tiene una respuesta a las variaciones de la magnitud física lineales, En la Tabla 2 muestra como el sensor de humedad se basa en la medición de la humedad relativa cuyas unidades están dadas en porcentaje.

Diagrama a bloques del monitoreo de temperatura y humedad.

En la Figura 2 se observa el diagrama a bloques del prototipo, responsable del monitoreo de la temperatura y humedad y la interacción entre hardware y software para el correcto funcionamiento del sensor HMZ433A1.

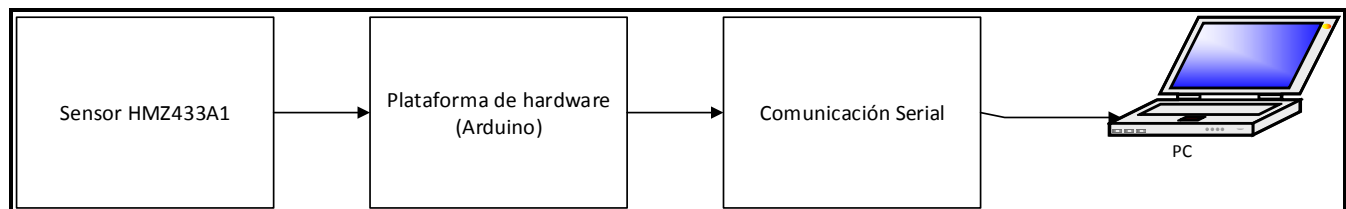


Figura 2. Diagrama a bloques del monitoreo continuo de temperatura y humedad.

- a) Sensor HMZ433A1. Las características del sensor antes mencionadas hacen posible la medición de la temperatura y humedad. En el caso de la temperatura es necesario utilizar la ecuación Steinhart-Hart y con la combinación de otras características es posible estimar la temperatura. En la humedad, el sensor entrega un voltaje de 0 a 5 voltios donde es posible relacionar con la humedad relativa, es una respuesta lineal.
- b) Plataforma de hardware. En este bloque se encuentra la conexión electrónica entre el sensor y el arduino, y donde este ultima lee las señales que proporciona el sensor.

Las siguientes líneas de código hacen que el arduino pueda recibir y procesar las señales que recibe del sensor. Como se puede observar dentro de ella, se encuentra la ecuación Steinhart-Hart donde la temperatura se encuentra despejada y depende de la variable que le proporciona el sensor.

```
int pinTemp=A7;
int pinHum =A1;
float Temperatura, Humedad;
float T,Temp,var;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  Temp=analogRead(pinTemp);
  var=((1023-Temp)/Temp);
  T=(50*var);
```

```

Temperatura = (1/(0.002375311945203 + 0.000246322089759*log(T) + 0.000000280194860*pow(log(T),3)))-
273;
Humedad = (((analogRead(pinHum))*(5.0))/3.3)/10.23);
}
    
```

- c) Comunicación serial. La plataforma arduino puede trabajar con el protocolo de comunicación RS232. El protocolo es configurado en el arduino, y es utilizado para transmitir los registros de temperatura hacia la PC, para que pueda ser mostrado en pantalla.

Prototipo de medición de pH.

El instrumento principal para la construcción del prototipo es una sonda de pH, funciona creando un pequeño voltaje entre el fluido a medir y la solución dentro de la sonda, en la Figura 3 se observa la sonda de pH.



Figura 3. Sonda de pH. Funciona creando un pequeño voltaje entre el líquido a medir y la sustancia dentro de la sonda.

El principio básico de la sonda de pH junto con la tarjeta de adquisición, información que se explicará más adelante, es calibrar la el prototipo y es necesario utilizar sustancias con pH de referencia, estos son llamados buffers, se pueden utilizar soluciones de 4 pH, 7 pH y 10 pH para calibrar el prototipo. Las soluciones con los diferentes pH mencionados son para no manejar soluciones que pueden dañar al usuario

Diagrama a bloques del prototipo.

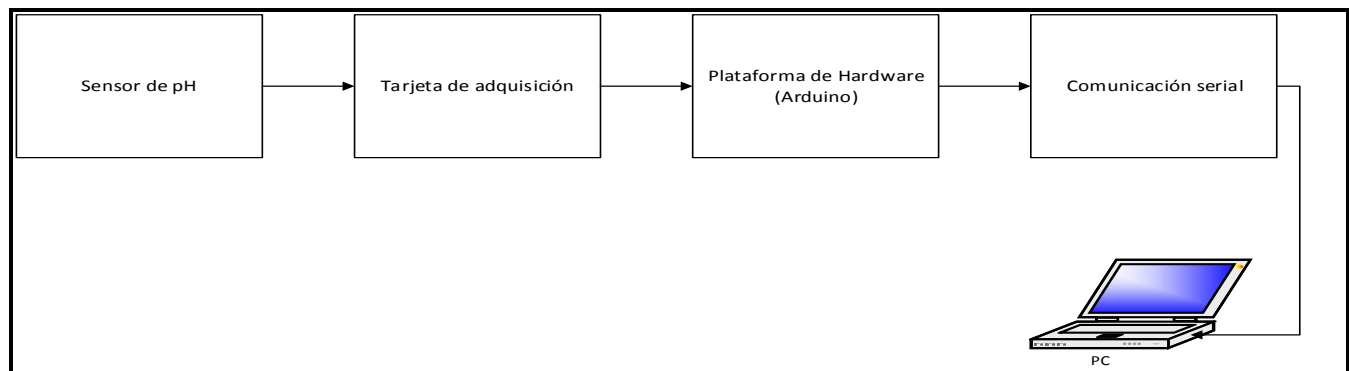


Figura 4. Diagrama a bloques del prototipo para medir pH.

- a) Sensor de pH. Anteriormente se explicó el funcionamiento de la sonda, pero es importante mencionar las diferentes precauciones para que la sonda no se averíe. En el manejo las sondas siempre deben enjuagarse entre las muestras con agua destilada para no causar contaminación, por que puede causar contaminación. Para el almacenamiento es importante mantener el electrodo siempre húmedo, para obtener lecturas precisas.

- b) Tarjeta de adquisición. Este bloque también puede llamarse etapa de amplificación, donde un amplificador de instrumentación es de gran ayuda para convertir lecturas de milivoltios que la sonda proporciona, a datos que el siguiente bloque pueda interpretar.
- c) Plataforma de Hardware. Como se explicó en el bloque anterior, la tarjeta de adquisición es la responsable de proporcionar datos lógicos al arduino, como una entrada de voltaje razonable entre 0 a 5 voltios o en su defecto de 0 a 3.3 voltios, y no voltaje pequeños imposibles de leer o su inverso voltaje que puedan dañar a la plataforma de arduino.
- d) Comunicación serial. En el apartado anterior del prototipo de medición de temperatura y humedad se usó el mismo bloque donde el protocolo de comunicación RS232 es el responsable de la interacción entre el arduino y la PC. En la PC el usuario podrá observar en pantalla los datos de interés, en este caso la medición de pH de la sustancia.

Conclusiones

En la construcción de los prototipos de medición de la temperatura, humedad y pH nos pudimos dar cuenta que el instrumentar electrónicamente un invernadero ofrece ventajas sobre la agricultura convencional, porque con el hecho de monitorear las variables antes mencionadas proporciona al usuario información sobre su producto, que en condiciones normales desconoce y por lo tanto puede propiciar un mejor producto.

Referencias

- [1] D. G. A. Santiago, «la agricultura protegida en el estado de Nayarit,» Universidad Autónoma de Nayarit, Mexico, 2011.
- [2] J. L. V. M. David Alejandro Carrillo Releves, «Control del clima de un invernadero,» *XII JORNADAS DE INVESTIGACIÓN ISSN 1870-8196*, vol. IV, nº 2, 2008.
- [3] I. L. M. M. M. C. Policarpo Espinoza, «Hidroponía Rustica,» SAGARPA Depto de Fitotecnia, Mexico, 2007.
- [4] M. A. G. S. Garcia, «Tecnología de robot aplicada a Invernaderos,» Universidad de Colima Facultad de Telemática, Mexico, 2007.
- [5] L. G. I.-A. Jerico J. Bello-Bello, «Sistemas de biorreactores para la micropropagación de especies Vegetales de importancia para el estado de Veracruz,» INBIOTECA, Veracruz, 2012.

Estudio de modelados matemáticos para la estimación de humedad en el proceso de secado de café.

Gutiérrez Gallegos A.T., Martínez Sibaja A, González Sánchez, B.E., Águila Rodríguez G., Sandoval González O.O.
Instituto Tecnológico de Orizaba. Oriente 9 No.852 Col. Emiliano Zapata. Orizaba, Veracruz. C.P. 94320

Autor de correspondencia, email: asael.gtz@gmail.com

Área de participación: Maestría en Ingeniería electrónica

Resumen

Este artículo presenta un estudio de modelos matemáticos para la estimación de la humedad en el proceso de secado del grano de café, de entre los cuales destacan el modelo de Thompson y el modelo de MSU, con el fin de seleccionar uno de ellos utilizable para la estimación de la humedad, que en próximos estudios pueda ser utilizable como base para el desarrollo de nuevos modelos; consecuentemente, estableciendo un enfoque para nuevos proyectos que puedan surgir para apoyar a los productores de café que así lo requieran.

Palabras clave — Humedad, Café, Modelo Matemático, Estimación.

Abstract

This article presents a study of mathematical models for humidity estimation in the drying process of coffee beans, among which the Thompson and the MSU model stand out, in order to select one which can be used for humidity estimation in future studies could be applicable as a basis to develop new models; thus, establishing an approach for new projects that may arise to support coffee producers who require it.

Introducción

Existen varios modelos matemáticos para la estimación de la humedad en el proceso de secado del grano de café; por lo que al llevar a cabo una investigación para el desarrollo de un nuevo modelado, es importante encontrar el modelo que sea útil para basarse inicialmente y así poder desarrollar un modelo que sea diferente. [6]

La estimación de la humedad en el grano de café es una parte fundamental del proceso por la utilidad práctica de la misma; esto a causa de que cuando el grano se encuentra por arriba de un nivel de 12% de humedad, éste puede comenzar a producir hongo y por lo tanto se pueden perder cosechas enteras y de ahí que sea indispensable estimar la humedad del mismo. [6]

De entre los modelos matemáticos para realizar estimaciones de humedad, los más comúnmente utilizados son el Modelo de Thompson y el Modelo de MSU. En cuanto al modelo de Thompson, hay que tomar en cuenta que se trata de un modelo que fue desarrollado inicialmente para otro tipo de grano. A diferencia de este modelo, el modelo de MSU fue desarrollado para granos en general. Adicional a estos dos modelos, existen otros modelos que se investigaron para su comparación. Este artículo tiene la finalidad de documentar cuál de los modelos es más útil para la estimación de humedad en el proceso de secado del grano del café y que además se pueda utilizar como base de nuevos modelos. [4-5]

Modelos de estimación de humedad

- **Método Gravimet y Gravimet SM**

Dentro de los modelos de estimación de humedad, el primer método que se describe es el método Gravimet con su variante Gravimet SM.

El método Gravimet se basa en pruebas experimentales hechas en secado solar. El método consiste básicamente en la determinación del peso perdido desde una humedad de grano inicial hasta que se consiga el peso indicado. Este método también puede ser utilizado en cuartos de secado o silos, pero con menor efectividad que el método Gravimet SM (explicado más adelante).

Para llevar a cabo el método Gravimet, es necesario tomar una muestra de 200 gr de café y depositarla en una canastilla. Esta muestra deberá ser medida en los días subsecuentes hasta que ésta pese entre los 104 y 105 gramos para así poder retirar el café del secado solar. Se puede hablar de este método a su vez como introducción al método Gravimet SM. [3]

Entre los diferentes tipos de modelos de estimación de humedad, existe el método Gravimet SM. Este método, a diferencia del método Gravimet, mide la masa del café húmedo cada 2 horas hasta llegar a un 15% de humedad; después de lo cual se hacen mediciones cada 30 minutos hasta tener un rango que va entre 10 y 12% de humedad (utilizando la Ec.1) para finalmente dejar los granos de café ventilando al aire libre durante 30 minutos más y así terminar el proceso.

$$Ch(t) = \left[1 - \frac{Pi}{P(t)} (1 - Chi) \right] * 100 \quad \text{Ec.1}$$

Donde $Ch(t)$ es el contenido de humedad estimado por Gravimet SM, Pi es el peso inicial de la muestra, $P(t)$ es el peso de la muestra en el intervalo de tiempo asignado y Chi es la humedad inicial.

En cuanto a las similitudes entre ambos métodos, cabe mencionar que es posible utilizar tanto el método Gravimet como el método Gravimet SM en procesos de secado como lo son el secado solar y el secado en cuarto, debido a su fácil proceso. Sin embargo, debido al tipo de secado, el lograr la humedad indicada puede tomar varios días. De la misma manera, es importante mencionar que para este tipo de secado es importante tener espacios amplios para el secado de los granos dado que se debe expandir el café para conseguir un secado más uniforme. [4]

- **Modelo Thompson**

El siguiente modelo que se estudia es el modelo de Thompson. Este modelo matemático es de tipo semi-empírico ya que está basado en un modelo teórico en parte y ajustado con datos obtenidos experimentalmente. Este modelo fue originalmente desarrollado para estimar la humedad en granos de maíz a través de la determinación de un balance antes del secado y un balance después del secado. De acuerdo con este modelo, el balance antes del secado determina una temperatura de equilibrio entre el grano y el aire como lo muestra la Ec. 2.

$$T_e = \frac{(0.24 + 0.45H)T + C_p T_g}{0.24 + 0.45H + C_p} \quad \text{Ec.2}$$

Donde T_e es la temperatura de equilibrio, H es la razón de humedad, T es la temperatura del aire de secado, T_g es la temperatura y C_p el calor específico del grano.

El Balance después del secado, se desarrolla con base en la temperatura de equilibrio, la cual depende de la temperatura del grano y del aire, tal y como muestra la Ec. 3.

$$T_f = \frac{(0.24 + 0.45H_0)T_e - \Delta H(587.9 + L - T_e) + C_p T_e}{0.24 + 0.45H_f + C_p} \quad \text{Ec.3}$$

Donde T_f es la temperatura del aire y del grano, T_g es la temperatura de equilibrio, ΔH es diferencial de la razón de humedad, H_0 la razón inicial de humedad, L el calor latente de vaporización del agua contenida en el grano, H_f la razón de humedad y C_p el calor específico del grano.

El modelo de Thompson tiene el inconveniente de ser un modelo pensado para granos de maíz, por lo que los valores constantes están en la fórmula con la finalidad de obtener la estimación de la humedad de los estos granos específicamente. Siendo que los granos de café y los de maíz difieren bastante en cuanto a porosidad, se infiere que estos valores constantes en la fórmula no serían útiles en la estimación de humedad de granos de café. [2-5-6-7]

- **Modelo MSU**

Otro de los modelos matemáticos que se estudian es el modelo de MSU. Este modelo se basa en la transferencia de calor y masa, siendo en esto similar al modelo de Thompson. A diferencia del modelo de Thompson que se basa en dos balances, este modelo calcula en qué condiciones se encuentran el grano y el aire cada determinado tiempo, realizando los siguientes balances:

Balance para la entalpía del aire

Balance para la humedad del aire

Balance para la entalpía del grano

Balance para la humedad del grano

Balance para la entalpía del aire

Este primer balance se refiere a que la energía que sale es igual a la energía que entra menos la energía transferida por convección, lo que sería la transmisión de calor por diferencia del mismo; y este balance se encuentra representado con la Ec.4.

$$\frac{\partial T_a}{\partial x} = \frac{-ha}{G_a C_a + G_a C_v H} (T_a - T) \quad \text{Ec.4}$$

Donde, T_a es la temperatura del aire, T es la temperatura del grano, h es el coeficiente de transferencia de calor por convección, a es el área específica del producto, G_a es el flujo másico del aire por unidad de área, C_a es el calor específico del aire, C_v es el calor específico del vapor y H es la razón de humedad de aire.

Balance para la entalpía del grano

Este balance corresponde a la energía transferida, la cual es igual al cambio de energía interna del producto menos la energía de evaporación, lo que correspondería a la pérdida de humedad en el grano, como lo muestra la Ec.5.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{ha}{p_p C_p + p_p C_w M} (T_a - T) + \frac{h_{fg} + C_v (T_a - T)}{p_p C_p + p_p C_w M} G_a \frac{\partial H}{\partial x} \quad \text{Ec.5}$$

Donde, h es el coeficiente de transferencia de calor por convección, a es el área específica del producto C_p es el calor específico del grano, C_w es el calor específico del agua, M es el contenido de humedad local o promedio del grano, T_a es la temperatura del aire, T es la temperatura del grano, h_{fg} es el calor de vaporización, C_v es el calor específico del vapor, G_a es el flujo másico del aire por unidad de área, H es la razón de humedad del aire y t es el tiempo.

Balance para la razón de humedad del aire

Este balance significa que la humedad transferida es igual a la humedad que ingresa menos la humedad que sale, como se representa en la Ec.6.

$$\frac{\partial H}{\partial x} = \frac{p_p}{G_a} \frac{\partial M}{\partial t} \quad \text{Ec.6}$$

Donde, G_a es el flujo másico del aire por unidad de área, M es el contenido de humedad local o promedio del grano y t es el tiempo.

Balance de humedad del grano

Se utiliza la Ec.7, apropiada para el balance de humedad de la capa delgada.

$$\frac{\partial M}{\partial t} = f(M, M_e, M_0, T, \dots, t) \quad \text{Ec.7}$$

Donde, M es el contenido de humedad local o promedio del grano, T es la temperatura del grano y t es el tiempo.

Las ecuaciones 4, 5, 6 y 7 corresponden a un modelo de secado estacionario, donde con base en comparaciones de humedad y entalpía se logra la estimación deseada basándose a su vez en las diferencias o elementos finitos. [2-6-8]

En la **Figura 1**, se presentan los resultados experimentales obtenidos por Montenegro (1992) en combinación con las simulaciones obtenidas por parte de A. Parra, para para las capas, inferior, media y alta del grano de café.[2]

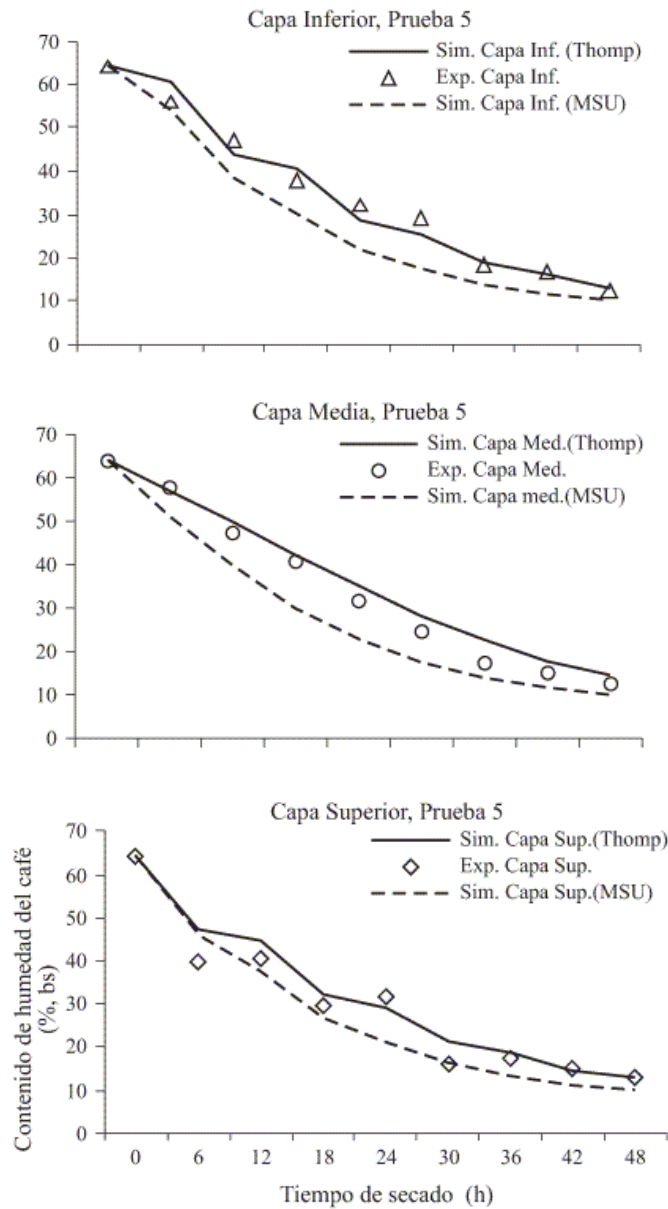


Figura1. Curvas de secado para capas inferior, media y superior de grano de café.

Demostrando en base a las simulaciones realizadas que la humedad podía medirse en una aproximación desde un 95% hasta un 99% en comparación con los datos experimentales obtenidos por Montenegro. [2-6]

Simulación en secadores de flujos concurrentes

Utilizando las ecuaciones anteriores del modelo de MSU, para secadores estacionarios, el modelo para secadores de flujos concurrentes también lleva a cabo los balances de calor y masa, dando como resultado las ecuaciones 8, 9 y 10.

$$\frac{dT_a}{dx} = \frac{-ha}{G_a C_a + G_a C_v H} (T_a - T) \quad \text{Ec.8}$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{ha}{G_p C_p + G_p C_w M} (T_a - T) - \frac{h_{fg} + C_v (T_a - T)}{G_p C_p + G_p C_w M} G_a \frac{dH}{dx} \quad \text{Ec.9}$$

$$\frac{dH}{dx} = \frac{G_p}{G_a} \frac{dM}{dx} \quad \text{Ec.10}$$

Donde, a es el área específica del producto, C_a es el calor específico del aire, C_p es el calor específico del grano, C_v es el calor específico del vapor, C_w es el calor específico del agua, G_a es el flujo másico del aire por unidad de área, G_p es el flujo másico del grano por unidad del área, H es la razón de humedad del aire, h es el coeficiente de transferencia de calor por convección, h_{fg} es el calor de vaporización, M es el contenido de humedad local o promedio del grano, r_p es la densidad en peso seco del grano, t es el tiempo, S es la sección perpendicular al flujo del aire, T_a es la temperatura del aire, T es la temperatura del grano y x es la coordenada dentro de la capa profunda del grano.[1-2]

Con base en la simulación de flujos concurrentes se pueden obtener estimaciones de secadoras basándose en las capas del grano, teniendo como resultado una estimación más específica.

- **Método de identificación de sub espacios**

Este método, se basa en puntos de operación y condiciones del proceso, obteniendo así una base de datos de la cual se puede adquirir un modelo específico. En este caso, este método permite obtener un modelo específico para la secadora de granos de café, dependiendo de las variaciones de los valores.

Dicho en otras palabras, este método permite que con base en variables como voltaje, corriente, resistencia, temperatura, área interna de la secadora, flujo de aire, etcétera, se pueda conseguir un modelo para obtener la estimación de humedad del grano de café. Adicionalmente, con los datos obtenidos de las variables antes mencionadas también se pueden realizar diagnósticos tanto de las partes de la secadora como del uso de la misma. [1]

Conclusión

Los primeros modelos que se discuten en este artículo son los métodos de Gravimet y Gravimet SM, a los cuales se les puede llamar también métodos heurísticos debido a la practicidad que llevan en el proceso o a la relativa simplicidad para llevar a cabo su tarea, siendo estos llevados a prueba en Colombia. Sin embargo, para el propósito de este artículo, debido a que el método Gravimet SM se utiliza en Silos y no en secadoras de café, no es un método factible para el modelado matemático para la estimación de la humedad en grano tomando en cuenta que el proceso de secado del grano debe ser llevado a cabo en secadoras de café. Aun así, este método ha sido de gran utilidad para áreas que utilizan el secado solar o de silo.

El siguiente modelo que se presenta es el modelo de Thompson, el cual como se mencionó anteriormente, toma en cuenta valores dirigidos a granos de maíz inicialmente, considerando el grano como un conjunto de capas delgadas en el cual estas capas se irán agregando una tras otra hasta completar el diámetro interno de la secadora, siendo esto un proceso de nombre iterativo haciéndolo un modelo matemático no viable para el desarrollo de nuevos modelos con el fin de la aproximación de la humedad de los granos de café principalmente por las variables que involucra.

El modelo de MSU se opera de manera similar al modelo de Thompson, tomando más en cuenta los balances entre calor y masa para llegar a su resultado dando como lugar ecuaciones de secado estacionario; y basándose en estas ecuaciones del secado estacionario se tienen las ecuaciones para secadores de flujos concurrentes, de ahí la importancia de este modelo que da lugar a otro.

El uso de la simulación en secadores de flujos concurrentes del modelo de MSU es de gran utilidad cuando se desea conocer la estimación de humedad en el proceso de secado del grano de café, debido a la cantidad de variables entran en el proceso de estimación y que dejan un rango de error aceptable manteniendo las variables ajustadas y permitiendo a su vez que con base en este modelo puedan generarse vertientes para nuevos modelos que admitan una simplificación con base en entradas conocidas en el proceso de secado de granos de café hablando específicamente de secadoras.

Después de analizar los modelos matemáticos para la estimación de la humedad en el proceso de secado del grano de café, se deduce que los modelos y métodos más factibles para llevar a cabo el desarrollo de modelos nuevos para la estimación de humedad son:

1) el modelo de MSU tanto para secado estacionario como para secadores de flujos concurrentes, porque es en el cual se ven reflejadas las dinámicas de las variables de interés que interactúan directamente con el fenómeno de secado del grano de café y por tanto con la humedad del mismo.

2) el método de identificación de sub espacios, debido a la obtención de la humedad con base en las variables específicas de la secadora.

Referencias

- [1] Cabrera R. N., Martínez V. M. A., Medina M. A., (2015) *Analysis of subspace identification methods based on estimation of system matrices*, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) Cuernavaca, Morelos.
- [2] Montenegro, J. Y. (1992) *Secador eléctrico estático para café de baja capacidad, inversión de flujo y recirculación de aire*. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.
- [3] Oliveros C. E., Peñuela A. E. (2009). *Controle la humedad del café en el secado solar, utilizando el método gravimet.* Federación nacional de cafetaleros de Colombia. *volume 387(issn 0120-0178)*,
- [4] Oliveros C. E., Valencia L. L. (2013). *Determinación del contenido de humedad del café durante el secado en silos.* CENICAFE. Programa de investigación científica. [Federación nacional de cafetaleros de Colombia] *volume 61(issn 0120-0178)*, pages 108-118.
- [5] Parra M.A., *Ensayo de secado de grano de maíz*. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía., Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile., Abbrev. State, 1986.
- [6] Parra A., Roa G. (2008). *Secafe Parte I: Modelamiento y simulación matemática en el secado mecánico de café pergamino.* Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. [Journal]. *Volume 12 N. 4(issn 1807-1929)*, pages415-417.
- [7] Parra A., Roa G. (2008). *Secafé parte II: Recomendaciones para el manejo eficiente de los secadores mecánicos de café pergamino.* Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. [Journal]. *Volume 12 (issn 1807-1929)*, pages 428-434.
- [8] Schibuola L. (2001) *Humidity control by heat reclaim*, International journal of energy research, Year 2001, Month 10, Volume: 25 Issue: 13 PP: 1207-1219 ISSN 0363-907X (p) 1099-114X (e)

Diseño de Controladores en cascada de un motor C.D.

D. Moguel López, J.A. Álvarez Hernández, F.D. Flores Rojas, I. Juárez Barojas,
A. Martínez Sibaja, O.O. Sandoval González.

¹Departamento de Maestría en Ingeniería Electrónica, Instituto Nacional de México campus Orizaba
Oriente 9 No. 852, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Veracruz, México

Área de participación: Control.

Resumen

Se diseñaron 3 esquemas de control cascada, el primero es un control cascada PI-PI, el segundo un control cascada PID-PI y un último esquema de control cascada PID-PI Difuso, para el control de velocidad y corriente en un motor de corriente directa de 1.2 Kw; para los dos primeros esquemas de control se calculan los parámetros por el método Lugar de las Raíces (Root Locus), para el tercer esquema se utilizó el modelo Difuso tipo Mandani. Se simulan los esquemas de control en cascada diseñados y con los resultados obtenidos en las simulaciones se realiza un análisis, se comparan las diferencias y mejoras en la respuesta transitoria y estable de cada esquema de control simulado, los cuales son aplicados a un modelo matemático del motor de C.D., en el software Simulink de Matlab.

Palabras clave: Control cascada, motor C.D., PID, PI, PI Difuso.

Abstract

3 Cascade Control Schemes were designed, cascade PI -PI Control, cascade control PID-PI, and a final scheme cascade PID control Fuzzy -PI, for the speed control and current in a direct current motor 1.2 kw; The PI-PI and PI-PID control schemes parameters calculated by the root locus method, for the third scheme we use to fuzzy model type used Mandani. Control schemes are simulated cascade designed and with the results getting in the simulations to realize analysis, the differences were compared, and improvements in the transient response and stable operation of each control scheme simulated, these are applied to a mathematical model of DC motor in the software Simulink of Matlab.

Introducción

Debido a la aplicación que puede tener un motor de C.D., los cuales han sido empleados en la industria en grandes procesos de producción [1], de los cuales se exige poder controlar con gran precisión, por ello el lazo de control de velocidad en un motor de C.D. puede no ser lo suficiente, también el control de corriente consumida por el motor de C.D. es una variable de interés, ya que se pueden prevenir averías al motor; por ello el control en cascada de estas variables velocidad y corriente de este tipo de motor llevan a un problema de gran interés, en la sintonización y elección del esquema de control apropiado para el control en cascada.

Existe una variedad de esquemas de control que han sido aplicados en motores de C.D., obteniendo resultados satisfactorios, los esquemas de control con más utilidad en este tipo de motores es el control PID (Proporcional-Integral-Derivativo) y el control PI (Proporcional-Integral) [2, 4]; los métodos de sintonización también son variados, los métodos de sintonización utilizados en el presente trabajo requieren de un modelo matemático, que permiten una sintonización más efectiva pero que requieren de cálculos matemáticos más arduos, por ello se hace uso de un modelo matemático que representa el motor de C.D., que además permite una simulación por computadora [4, 5]. Aunque también existen métodos de sintonización más sencillos cuya principal ventaja es la facilidad con la que son sintonizados, los cuales no requieren de un modelo matemático, como los utilizados en el control difuso [3, 6] y que al final del presente artículo se hace uso de este esquema de control para ser comparado, con los 3 diseños de control cascada propuestos.

Los diseños de control cascada PI-PI y PID-PI, se desarrollaron por el método del lugar de las raíces (Root Locus) y para la simulación se utilizó el programa Matlab, haciendo uso del ToolBox Simulink, mientras que el diseño del

controlador cascada PID-PI Difuso se necesitó del ToolBox Fuzzy, Los resultados obtenidos demuestran que el esquema de control en cascada PID-PI aunque muy laboriosos en su diseño es el más conveniente para su aplicación en un motor de C.D.

Metodología

Modelo matemático de motor de C.D.

Se utilizó el modelo matemático presentado por Höfling [7], de un motor de corriente directa, definido por dos ecuaciones características que están representadas por el sistema 1, la primera define la corriente (i_a) y la segunda la velocidad angular (ω) del motor de C.D.

$$\begin{aligned} \frac{di_a(t)}{dt} &= \frac{Ra}{La} i_a(t) - \frac{Fl}{La} \omega(t) + \frac{1}{La} V_a(t) \\ \frac{d\omega(t)}{dt} &= \frac{Fl}{J} i_a(t) - \frac{Mfl}{J} \omega(t) - \frac{1}{J} ml(t) \end{aligned} \tag{1}$$

Donde Ra es la resistencia del bobinado, La representa la inductancia del bobinado, Fl es el flujo magnético, J como la constante de inercia, Mfl es el coeficiente de fricción y ml es la carga acoplada al motor, en la tabla 1 se presentan los parámetros del modelo.

Tabla 1. Parámetros del modelo matemático.

Símbolo	Valor	Unidades
Ra	1.64	Ω
La	0.00676	H
Fl	0.345	Wb
J	0.0009335	Kgm ²
Mfl	0.00172	Nms
ml	0 - 3	

Modelo matemático del motor de C.D. por variables de estado

Tomando como entradas el voltaje de alimentación (V_a) y la carga acoplada al motor (ml), la corriente de alimentación (i_a) y la velocidad angular (ω) como las salidas, y las variables de estado serian la corriente (i_a) y la velocidad angular (ω), por la simplicidad de contar con las ecuaciones diferenciales de primer orden de las misma; las ecuaciones del modelo matemático son expresadas en forma matricial como lo define el sistema 2.

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \dot{i}_a \\ \dot{\omega} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \frac{Ra}{La} & -\frac{Fl}{La} \\ \frac{Fl}{J} & -\frac{Mfl}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{La} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ ml \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} i_a \\ \omega \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ ml \end{bmatrix} \end{aligned} \tag{2}$$

La figura 1, muestra la planta del sistema en su representación en variables de estado trasladado al software Simulink de Matlab, para simular y probar los diseños de los controladores en cascada, en el cual A es la matriz que multiplica al vector de estado, B la matriz que multiplica al vector de entrada (u) del sistema 2 y C es la matriz identidad que multiplica al vector de estado del mismo sistema 2.

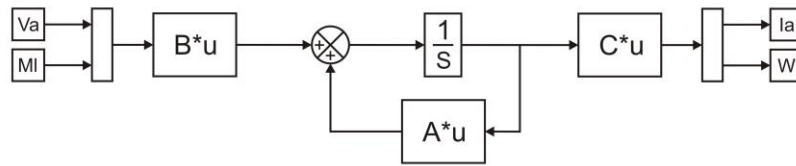


Figura 1. Diagrama a bloques del motor C.D.

Diseño de control cascada PI-PI

Diseño de control PI de lazo secundario

En las ecuaciones del modelo matemático del sistema 1, se aprecia que la corriente de alimentación (\$i_a\$) afecta a las dos ecuaciones al igual que la velocidad angular (\$\omega\$), por lo que es necesario desacoplar el sistema; aplicando la transformada de la place y despejando la variable de interés en las dos ecuaciones, se obtiene:

$$I_a(S) = \left[\frac{1}{sL_a + R_a} \right] [-f_l \omega(S) + V_a(S)] \tag{3}$$

$$\omega(S) = \left[\frac{1}{sJ + Mf_l} \right] [F_l I_a(S) - m_l(S)] \tag{4}$$

La figura 2, muestra el diagrama a bloques del control cascada de los dos controladores que se diseñaron por root locus con su respectiva planta; el controlador del lazo cerrado primario (\$G_{CP}(S)\$) y controlador de lazo cerrado secundario (\$G_{CS}(S)\$) son controladores PI.

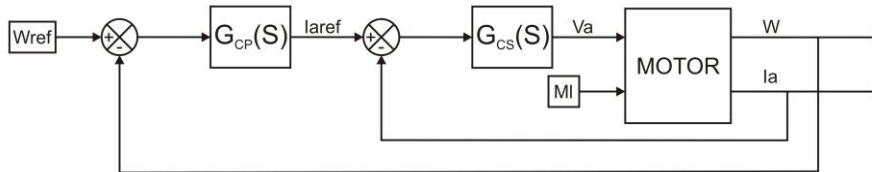


Figura 2 Diagrama a bloques del control cascada.

Para el diseño del controlador PI del lazo secundario, se empleó el Método Lugar de las Raíces (Root Locus), para el diseño se necesita conocer el comportamiento dinámico del sistema mediante la Función de Transferencia (TF por sus siglas en inglés) en lazo cerrado, que relaciona la salida con la entrada del sistema; se obtiene la TF del lazo cerrado secundario, el cual relaciona la entrada de voltaje de alimentación (\$V_a\$) con la corriente de alimentación (\$i_a\$) como la salida; despejando la velocidad angular (\$\omega\$) de las ecuaciones 3 y 4, suponiendo la carga acoplada al motor (\$m_l\$) con un valor cero, se llega a la ecuación 5.

$$\frac{I_a(S)}{V_a(S)} = \frac{\frac{1}{L_a} \left(s + \frac{Mf_l}{J} \right)}{s^2 + s \left(\frac{L_a Mf_l + R_a}{L_a J} \right) + \left(\frac{Mf_l R_a + f_l^2}{L_a J} \right)} \tag{5}$$

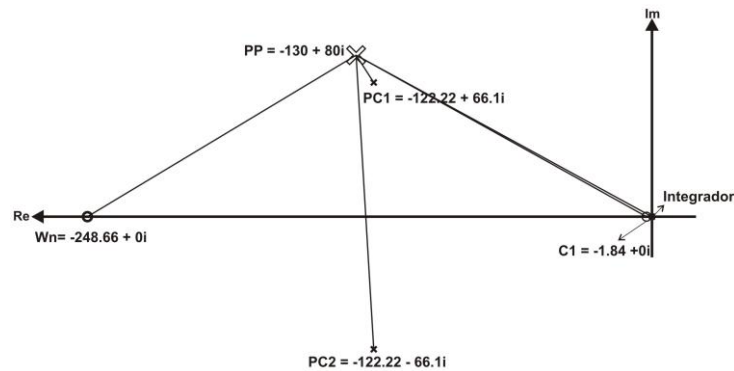


Figura 3. Polos y ceros del lazo cerrado secundario, con esquema de control cascada PI-PI.

Proponiendo un polo en lazo cerrado y satisfaciendo la condición de magnitud y fase se obtiene el controlador PI del lazo cerrado secundario, como se muestra en la figura 3; donde PP es el polo propuesto en lazo cerrado, PC1 y PC2 son dos polos complejos conjugados y C1 es un cero del sistema.

La ecuación general del controlador PI aplicando la Transformada de la Place tiene la forma de la ecuación 6, donde K es un parámetro variable y Wn es la frecuencia natural del controlador, del cual los parámetros calculados están definidos a continuación.

$$GC_S = \frac{K \left(\frac{S}{W_n} + 1 \right)}{S} = \frac{27.3419 \left(\frac{S}{248.66} + 1 \right)}{S} \tag{6}$$

Como lo muestra la función de transferencia del lazo secundario en la ecuación 7, por algebra de bloques se reduce el lazo cerrado secundario que lo conforma el controlador PI definido por la ecuación 6 y la planta de la ecuación 5.

$$TF_S = \frac{\frac{K}{La} \left(S + \frac{Mfl}{J} \right) \left(\frac{S}{W_n} + 1 \right)}{S^3 + S^2 \left(\frac{LaW_nMfl + W_nRaJ + JK}{LaJW_n} \right) + S \left(\frac{W_nMflRa + W_nfl^2 + JKW_n + KMfl}{LaJW_n} \right) + \left(\frac{KMfl}{LaJ} \right)} \tag{7}$$

Diseño de control PI de lazo primario

En el diseño del controlador PI del lazo primario, primero se debe calcular la Función de Transferencia de la planta, que relacione la velocidad angular (ω) como salida y a fin de que la entrada sea el voltaje de alimentación (V_a), para calcular la TF se despeja la corriente de alimentación (i_a) de las ecuaciones 3 y 4, para llegar a la ecuación 8.

$$\frac{\omega(S)}{V_a(S)} = \frac{\frac{Fl}{JLa}}{S^2 + S \left(\frac{JRa + LaMfl}{JLa} \right) + \left(\frac{RaMfl + fl^2}{JLa} \right)} \tag{8}$$

Es necesario obtener la Función de Transferencia de lazo cerrado primario; haciendo uso de la ecuación 9, donde G(S) es la función de transferencia de trayectoria directa que es conformada por la función de transferencia de lazo secundario (ecuación 7) multiplicada por la ecuación 8 y la ecuación 6.

$$\frac{C(S)}{R(S)} = \frac{G(S)}{1 + G(S)H(S)} = \frac{GC_S TF_S \frac{\omega(S)}{V_a(S)}}{1 + GC_S TF_S \frac{\omega(S)}{V_a(S)}} \tag{9}$$

Aplicando la Transformada de la Place el controlador PI primario tiene la forma de la ecuación 10. Se propone un polo en lazo cerrado y satisfaciendo la condición de magnitud y fase se obtiene el controlador PI del lazo cerrado

primario, como se identifica en la figura 4; donde PP es el polo propuesto en lazo cerrado, PC1 y PC2 son dos polos complejos conjugados, al igual que PC3 Y PC4, C1, C2, y C3 son los ceros del sistema y Wn es la frecuencia natural calculada.

$$GC_P = \frac{K\left(\frac{S}{Wn}+1\right)}{S} = \frac{24.9691\left(\frac{S}{20.67}+1\right)}{S} \tag{10}$$

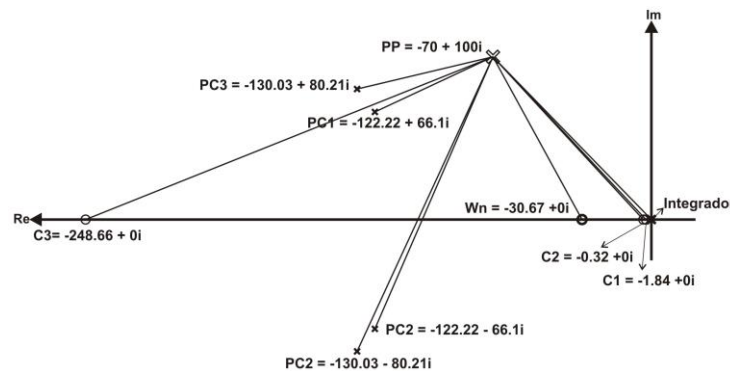


Figura 4. Polos y ceros del lazo cerrado primario, con esquema de control cascada PI-PI.

Diseño de control cascada PID-PI

Diseño de control PID de lazo primario

Debido a que ya contamos con el control PI del lazo secundario, solo es necesario calcular el controlador PID del lazo primario; haciendo uso de la transformada de la place, el controlador PID tiene la forma mostrada en la ecuación 11, Proponiendo un polo y un cero en lazo cerrado y satisfaciendo la condición de magnitud y fase se obtiene el controlador PI, como en la figura 5 se presenta la gráfica con el lugar de las raíces, donde PP y CP son el polo y cero propuesto respectivamente, PC1, PC2, PC3 y PC4 son polos complejos conjugados, C1, C2 y C3 son ceros del sistema, obteniendo los siguientes parámetros en los cálculos.

$$GC_P = \frac{K\left(\frac{S}{Wn1}+1\right)\left(\frac{S}{Wn2}+1\right)}{S} = \frac{45.0455\left(\frac{S}{3}+1\right)\left(\frac{S}{57.9845}+1\right)}{S} \tag{11}$$

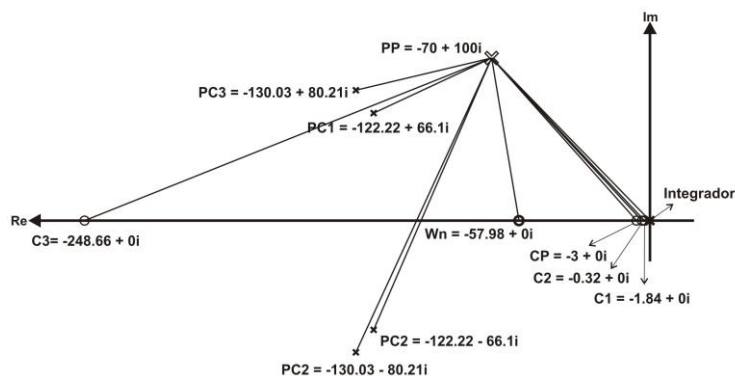


Figura 5. Polos y ceros del lazo cerrado primario, con esquema de control cascada PID-PI.

Diseño de control cascada PID-PI Difuso

Diseño de control PI Difuso de lazo secundario

Para el diseño de un controlador PID-Difuso se tomó a consideración el implementar una estrategia de control no convencional. Partiendo del diseño del esquema en control cascada PID-PI, visto anteriormente.

El controlador PI ubicado en el bloque $G_{cs}(s)$, de acuerdo con la figura 2, fue sustituido por el controlador PI Difuso. Para establecer las reglas de nuestro controlador de lazo cerrado secundario de tipo Mandani, se sustituyó el bloque de control $G_{cp}(s)$ de la Figura 2 por un bloque de pulso unitario y dependiendo de la derivada del error y del error se establecieron los parámetros para el controlador difuso, como lo ilustra la figura 6.

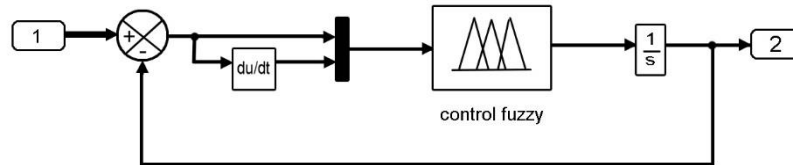


Figura 6. Diagrama a bloques del controlador PI Difuso.

El bloque de entrada (1) representa la corriente de referencia (I_{aref}) de nuestro diagrama general y el bloque de salida (2) es la salida que es el voltaje de alimentación (V_a).

Resultados y discusión

Resultados con el esquema de control cascada PI-PI

En las simulaciones del control cascada PI-PI, se simularon 2 variaciones de carga en los tiempos 30 y 60 segundos. En la figura 7, se observa el comportamiento de las revoluciones por minuto (rpm) donde se aprecian los cambios de carga, que al aumentar está, las rpm oscilan hasta llegar a las 1200 rpm deseadas con un aproximado de 8 segundos, de la misma manera en la figura 8, donde los cambios de carga modifican la corriente (I_a).

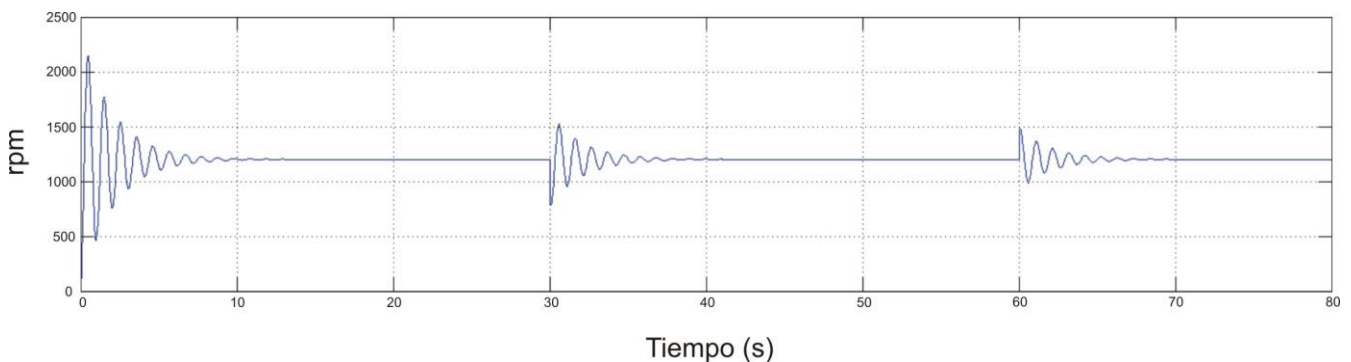


Figura 7. Respuesta de la velocidad del motor con esquema de control cascada PI-PI, ante una variación de carga.

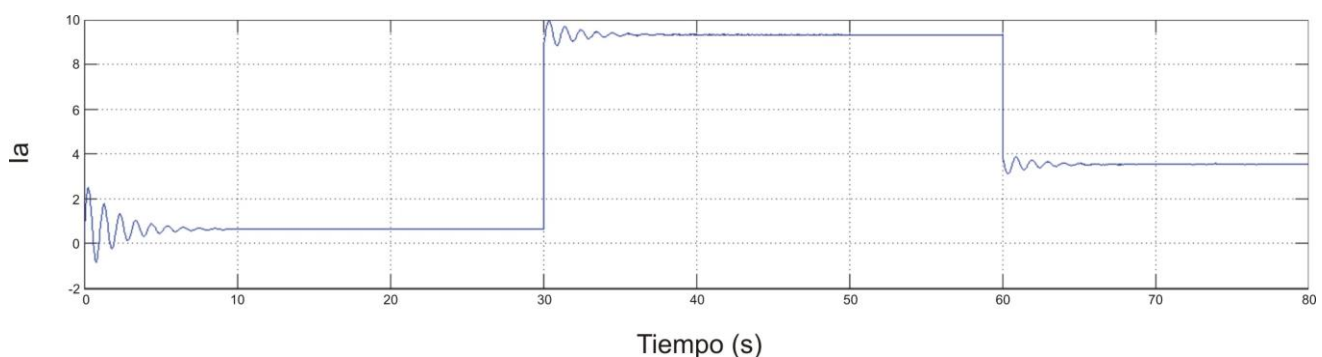


Figura 8. Respuesta de la corriente del motor con esquema de control cascada PI-PI, ante una variación de carga.

Resultados con el esquema de control cascada PID-PI

Los resultados de las simulaciones del control cascada PID-PI, muestran el comportamiento de las revoluciones por minuto (rpm) y de la corriente (Ia) al efectuar 2 variaciones de carga en los tiempos 10 y 20 segundos. En la figura 9, se observa que alcanza las rpm deseadas en aproximadamente 1 segundo después de los cambios de carga, la figura 10, muestra el comportamiento de la corriente.

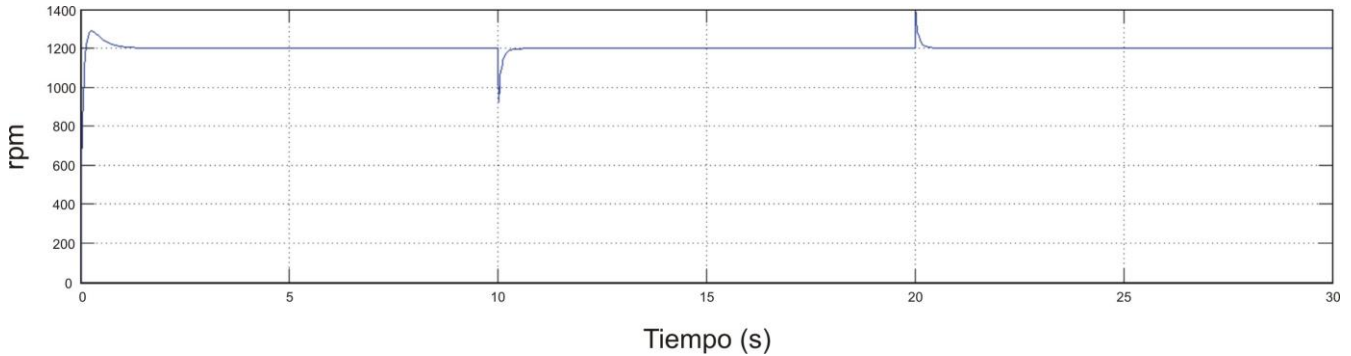


Figura 9. Respuesta de la velocidad del motor con esquema de control cascada PID-PI, ante una variación de carga.

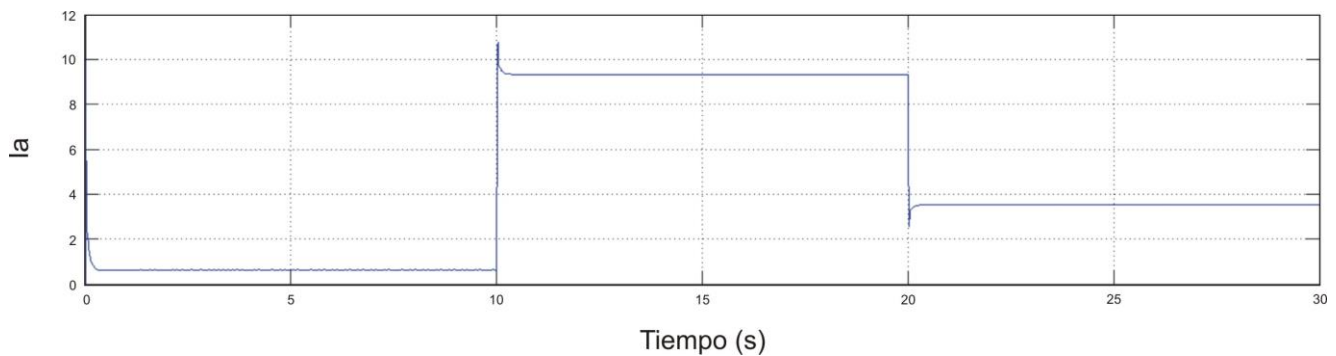


Figura 10. Respuesta de la velocidad del motor con esquema de control cascada PID-PI, ante una variación de carga.

Resultados con el esquema de control cascada PID-PI Difuso

Se simularon diferentes cargas durante el transcurso del tiempo, generando una en el segundo 10, otra en el segundo 15 y para finalizar otra en el segundo 20, el sistema corrige aproximadamente en 3.5 segundos durante cada carga.

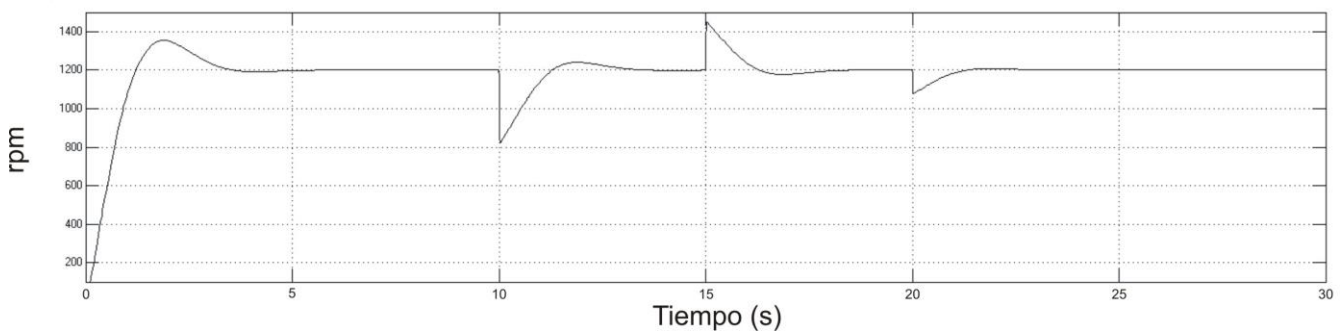


Figura 11. Simulación del sistema en 60 segundos con diferentes cargas. Variación de las revoluciones por minuto.

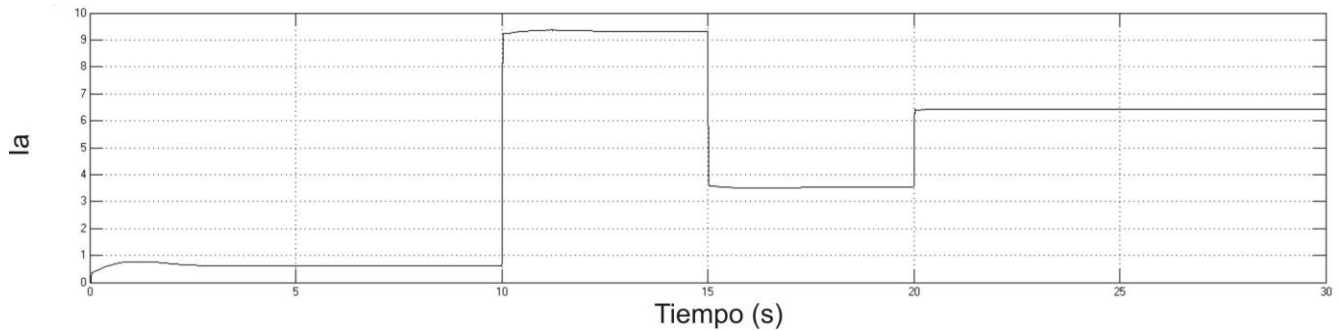


Figura 12. Simulación del sistema en 30 segundos con diferentes cargas. Variación de la corriente.

Los esquemas de control en cascada PID-PI Y PID-PI Difuso son sometidos a las mismas variaciones de carga en la simulación, a partir de esta simulación se obtienen algunos criterios para ser comparados, el primero es el criterio del error integral (CIE), este criterio se usó por la oscilación mínima que presenta; el segundo, es el criterio de la integral de error al cuadrado (CIEC), este criterio permite representar los grandes errores ya que es poco sensible a los errores pequeños; el tercero es el criterio de la integral del error absoluto (CIEA); por último el criterio de la integral del error cuadrática por el tiempo (CIECT). Debido a que el controlador en cascada PI-PI presenta demasiadas oscilaciones es descartado para ser comparados con los demás esquemas de control en cascada diseñados.

Los diseños presentados para su comparación fueron simulados con las variaciones de carga que se muestran en la figura 13, también se presenta la respuesta obtenida a partir del error calculado en la simulación de los controladores en cascada en la figura 14; la tabla 2 presenta los resultados obtenidos con los criterios antes mencionados, en esta tabla se puede apreciar una diferencia significativa entre los dos esquemas de control, en el que el control en cascada PID- PI es con el que se obtienen los mejores resultados.

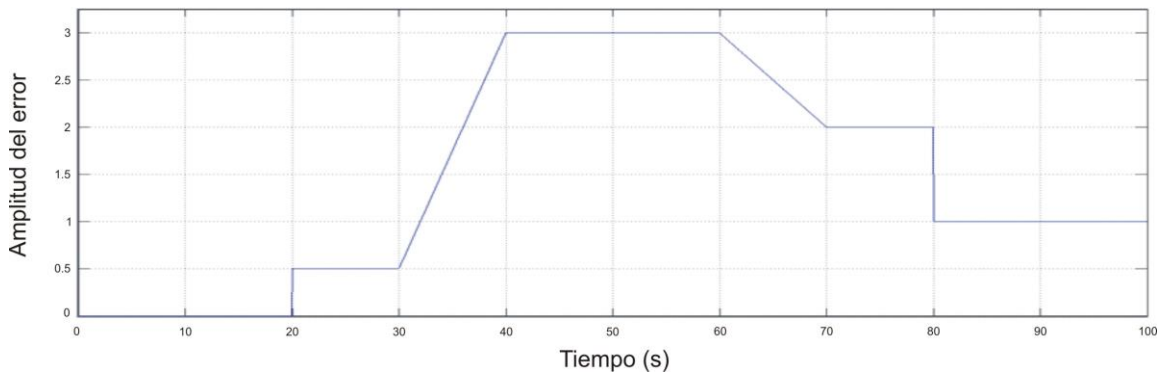


Figura 13. Variación de carga en la simulación del motor de corriente directa.

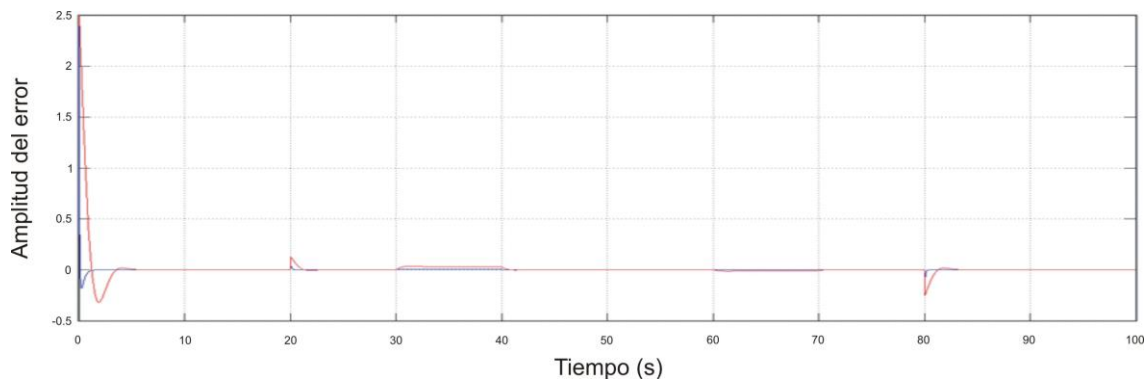


Figura 14. Respuesta del error obtenido en la simulación con la implementación de los controladores en cascada, ante algunas variaciones de carga, de color rojo el control PID-PI Difuso y de color azul el control PID-PI.

Tabla 2. Resultados de los criterios del error en los esquemas de control cascada PID-PI Y PID-PI Difuso.

Criterio	PID-PI	PID-PI Difuso
CIE	0.01956	1.11
CIEC	0.1281	2.412
CIEA	0.2581	2.464
CIECT	0.1351	3.199

Conclusiones

En este artículo se lograron implementar en simulación diferentes diseños de controladores en cascada, los cuales permitieron mediante una simulación regular la velocidad de un motor ante diferentes variaciones de carga y la corriente consumida por el mismo, teniendo en cuenta la información de la tabla 2 con los diferentes criterios de error y además con los tiempos que le toma al controlador para estabilizar las 1200 rpm deseadas, permitieron hacer un comparativo donde el más predominante es el diseño del control cascada PID-PI teniendo así un mejor desempeño a comparación con los esquemas de control PI-PI y PID-PI Difuso.

Agradecimientos

Al área de posgrado en Maestría en ingeniería electrónica del Instituto Nacional de México campus Orizaba y a sus honorables y respetados catedráticos.

Referencias

1. S. A. Verne, S. A. González, M. I. Valla, and F. Member, "Induction Motor Driven by a CAMC Using Predictive Control", vol. 12, no. 5, pp. 883–888, 2014.
2. O. A. Orozco and V. M. A. Ruiz, "Sintonización de controladores PI y PID utilizando los criterios integrales IAE e ITAE", pp. 31–39, 2003.
3. M. Lima and L. A. González, "Control de velocidad de un motor de inducción utilizando un controlador Fuzzy", energética, vol. XXII, no. 4, 2001.
4. A. V. Sant and K. R. Rajagopal, "PM Synchronous Motor Speed Control Using Hybrid Fuzzy-PI With Novel Switching Functions," IEEE Trans. Magn., vol. 45, no. 10, pp. 4672–4675, 2009.
5. J. D. Rairán, C. E. Guerrero and J. A. Mateus, "Diseño de controladores de tipo proporcional integral derivativo (PID) y difuso para la posición de un motor de corriente continua (DC)", Ing. Univ. Bogotá, enero-junio de 2010.
6. H. R. C. Vera, B. V. Toro and C. L. T. Rodríguez, "Design and simulation of a PD fuzzy controller for speed control of an induction motor", Ing. Y Des., no. 27, enero-junio 2010.
7. Höfling T. et Pfeufer P. (1994), Detection of Additive and Multiplicative Fault-Parity Space vs. Parameter Estimation, in: IFAC SAFEPROCESS'94, vol.2, pp.539-544, Espoo, Finland, June.

Comparación entre controladores cascada PI Convencional y PI Difuso para un motor de CD

S. Quiroz Ontiveros*, E. Trigos López, J. C. Delgado Vásquez, O. Sánchez Flores, B.E. González Sánchez, I. Herrera Aguilar.

Instituto Tecnológico de Orizaba. División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI). Av. Instituto Tecnológico No. 852, Col. E. Zapata, C.P. 94320 Orizaba-Veracruz-México.

*sofia992@gmail.com

Área de participación: Maestría en Electrónica

Resumen

En este artículo se desarrolla y analiza el diseño de dos esquemas de control cascada con diferentes tipos de controladores, PI Convencional y PI Difuso. Tomando como caso de estudio a un motor de CD al cual se le controla la corriente y la velocidad, esto con el propósito de comparar los tiempos de asentamiento y los sobretiros que presentan los esquemas de control.

Palabras clave: Control cascada, PI Convencional, PI Difuso, motor CD.

Abstract

This paper presents the design and analysis of two different cascade control schemes, the conventional PI and the Fuzzy PI, both schemes are applied to a DC motor in order to control its current and velocity. The purpose of this paper is to compare the stable state and the ripple of these schemes.

Keywords: Cascade control, Conventional PI, Fuzzy PI, DC motor.

Introducción

El uso de controladores se ha incrementado a lo largo de los años debido a la gran variedad de aplicaciones que se les ha dado en las industrias, tales como las químicas, petroleras, automotrices, farmacéuticas, alimentos y bebidas, entre otras (1); todas estas industrias hacen uso de máquinas y motores lo cual los hace parte fundamental para el desarrollo de sus productos (2-3), es por eso que se han desarrollado diferentes métodos para sintonizar controladores que puedan regular la velocidad de un motor(4), la temperatura de un horno, entre otras aplicaciones. Dentro de los métodos de control se encuentra el uso del control difuso el cual se basa en el ajuste empírico del controlador de acuerdo al operador basándose en la respuesta de la planta, como lo son: los conjuntos difusos (5), el primer método de Ziegler-Nichols o también conocido como método de respuesta a escalón, el segundo método de Ziegler-Nichols o método de respuesta en frecuencia (6-7). Por otra parte se encuentra el control convencional, el cual utiliza técnicas basadas en el modelo matemático de la planta, como son: el lugar geométrico de las raíces o también conocido como Root Locus y mínimos cuadrados (8).

En este trabajo se presentan dos diseños de control cascada, el primer esquema de control cascada está formado por 2 controladores PI convencionales sintonizados utilizando el método del lugar de las raíces y el segundo esquema está formado por 2 controladores difusos sintonizados utilizando los conjuntos difusos de Mamdani. Estos esquemas controlan la velocidad y la corriente de un motor de CD (9). En la siguiente sección de este trabajo se muestra el desarrollo metodológico de un controlador PI Convencional utilizando el modelo matemático del motor, así como también se presentan los parámetros de sintonización de los controladores difusos, en la tercera sección se presentan las simulaciones que se realizaron con el programa Simulink así como también los resultados obtenidos y por último se muestran las conclusiones de la comparación entre los dos esquemas de control cascada que se mencionan en este artículo.

Metodología

Modelo de funcionamiento del motor de CD

A continuación, se describen las ecuaciones del comportamiento de un motor de CD (ver ecuación 1 y 2), así como los valores de los componentes internos del mismo. Estas ecuaciones y componentes son necesarios para realizar la simulación y el control del motor. El motor descrito tiene como características nominales una potencia de 1.2 Kw, una velocidad (w) de 3000 rpm o 314.16 rad/s, una corriente $I_a = 10 A$ y un $V = 110v$.

$$\frac{di_a}{dt} = -\frac{Ra}{La}i_a(t) - \frac{Fl}{La}w(t) + \frac{1}{La}v_a(t) \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\frac{dw(t)}{dt} = \frac{Fl}{J}i_a(t) - \frac{Mfl}{J}w(t) - \frac{1}{J}m_l(t) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Tabla 1. Parámetros del motor de CD

Parámetro	Valor	Unidades
R_a	1.64	Ω
L_a	0.00076	H
J	0.0009335	$Kg \cdot m^2$
Mfl	0.00172	$N \cdot m \cdot s$
Fl	0.345	$V \cdot s$

En donde: R_a es la resistencia de embobinado, L_a es la inductancia de embobinado, J es el coeficiente de fricción, Mfl es el coeficiente de amortiguamiento, Fl es el flujo magnético.

Diseño del modelo en forma canónica diagonal

Teniendo las ecuaciones del comportamiento del motor, es aplicada a éstas, transformada de Laplace y manipulando matemáticamente, se obtuvo un modelo desacoplado que simplifica la interpretación del modelo del motor (ver ecuaciones 3 y 4). Esta representación del modelo Figura 1 es de utilidad para obtener los polos del motor. La ubicación de los polos fue importante dentro de la metodología para el diseño de los controladores convencionales.

$$I_a(S) = \left[\frac{1}{S La + Ra} \right] [-Fl w(S) + v_a(S)] \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$w(S) = \left[\frac{1}{S J + Mfl} \right] [Fl I_a(S) - Ml(S)] \quad (\text{Ecuación 4})$$

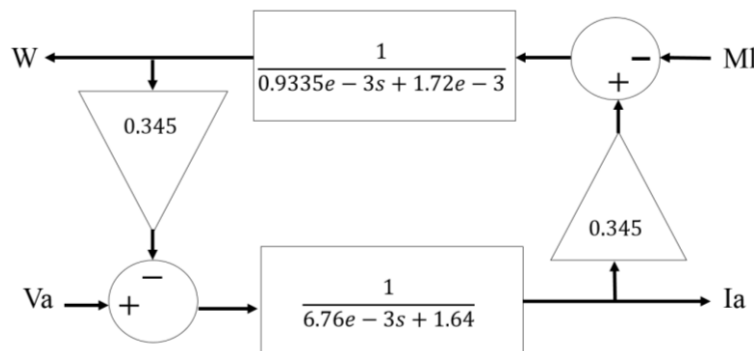


Figura 1 Representación del modelo matemático del motor.

Diseño de controladores PI Convencional-PI Convencional

De acuerdo al modelo de control en cascada mostrado en la Figura 2, son diseñados dos controladores, uno para el control de corriente y otro para las revoluciones del motor. El método utilizado fue Root Locus. Las ecuaciones (Ecuaciones 5 y 6) muestran las funciones de los controladores para corriente y revoluciones del motor respectivamente.

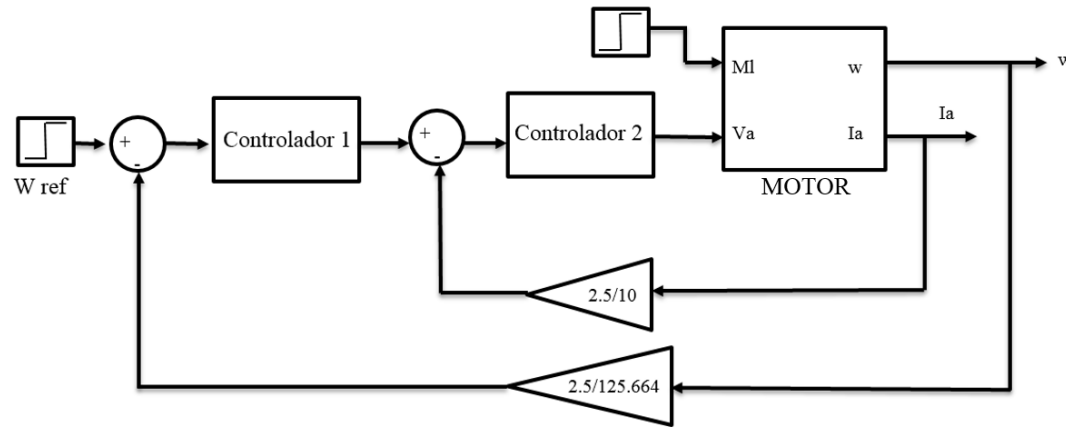


Figura 2 Modelo de control en cascada para el motor.

$$G_{c1}(S) = (18.6698) \frac{(\frac{1}{100.9285}S + 1)}{S} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

$$G_{c2}(S) = (68.2748) \frac{(\frac{1}{10}S + 1)}{(\frac{1}{1765.3}S^2 + S)} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Diseño de controladores PI Difuso-PI Difuso

De acuerdo al modelo de control en cascada, son diseñados dos controladores utilizando esquemas Mamdani de geometría triangular, uno para el control de la corriente y otro para el control de las revoluciones del motor. A continuación se muestran los controladores con sus respectivos rangos de operación.

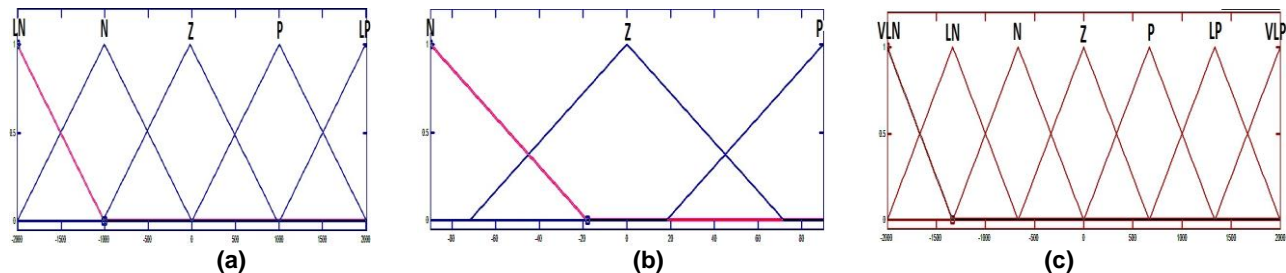


Figura 3 Diseño del controlador difuso para corriente. Rangos utilizados para los valores de entrada $e(t)$, $de/d(t)$ y control.

La Figura 3a representa la entrada $e(t)$ y su rango es de (-2010 a 2010), en la Figura 3b representa la derivada del error y tiene un rango de (-90 a 90) y la figura 3 c muestra a la salida o control con un rango de (-2000 a 2000).

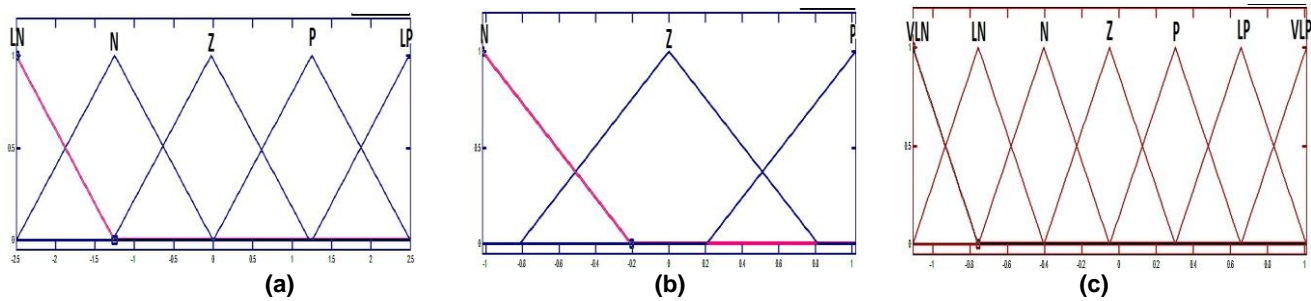


Figura 4. Diseño del controlador difuso para la velocidad. Rangos utilizados para los valores de entrada, $e(t)$, $de/d(t)$ y control.

La Figura 4a representa la entrada $e(t)$ y su rango es de (-2.5 a 2.5), Figura 4b representa la derivada del error y tiene un rango de (-10200 a 10200) y la Figura 4c muestra a la salida o control con un rango de (-10100 a 10100).

Simulación de controladores PI Convencional-PI Convencional

Fue simulado el modelo completo con los controladores convencionales diseñados por medio de Simulink de Matlab para comprobar la eficiencia de los controladores y de esta manera realizar una comparación.

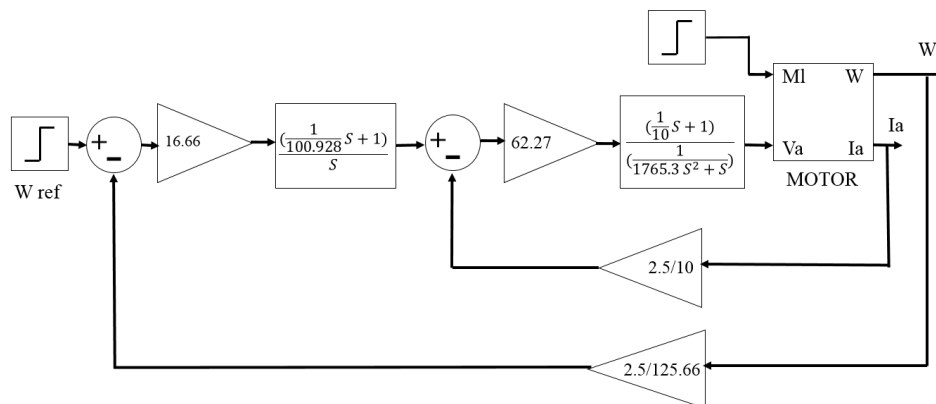


Figura 5. Diagrama para control PI convencional-PI convencional.

La Figura 5 muestra el diagrama de simulación con los controladores diseñados ya acoplados, la salida de las revoluciones (w) fue en rad/s y para obtener la velocidad en rpm fue necesario realizar la conversión antes de desplegarla en el osciloscopio.

Simulación de controladores PI Difuso-PI Difuso

Fue simulado el modelo completo con los controladores difusos diseñados. La Figura 6 muestra el diagrama de simulación para el estudio de los controladores difusos.

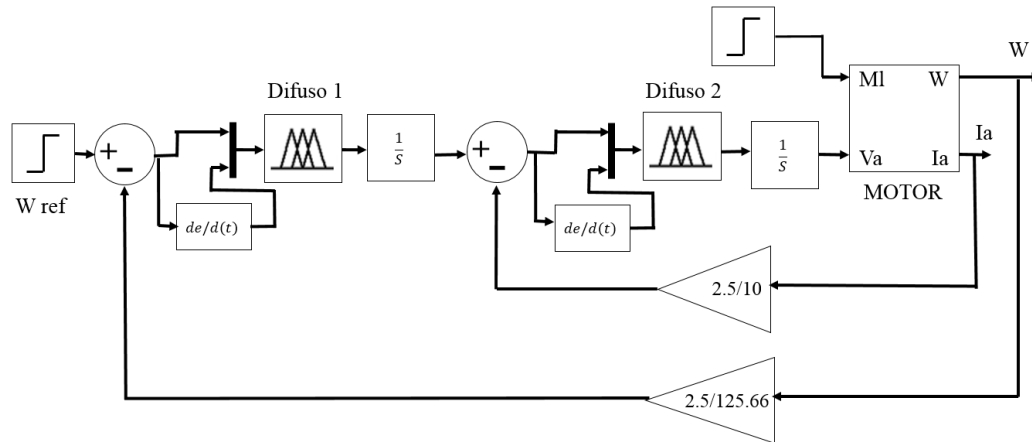


Figura 6. Diagrama para control PI difuso-PI difuso.

Resultados y discusión

Control de la corriente

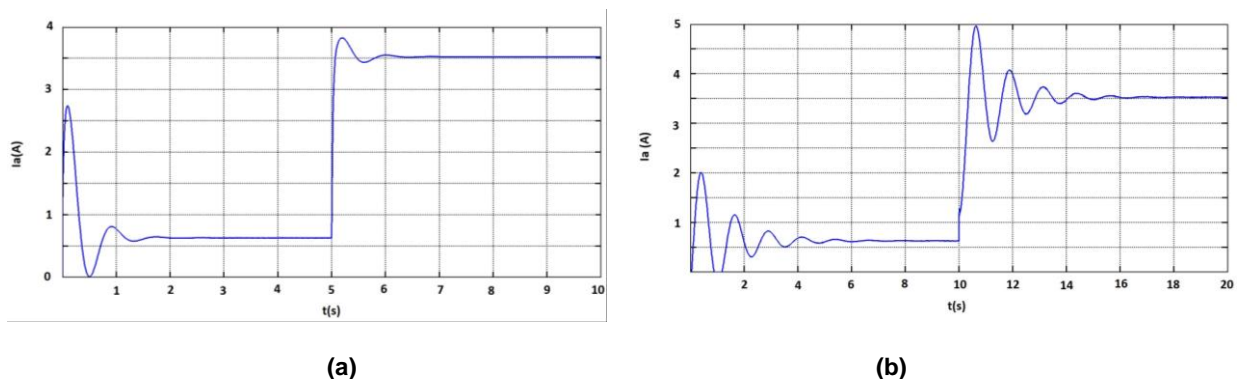


Figura 7. (a) Respuesta de la corriente con $MI=0$ y ante una variación de $MI=1$ en 5s para control convencional. (b) Respuesta de la corriente con $MI=0$ y ante una variación de $MI=1$ en 10s para control difuso.

La Figura 7 muestra el desempeño de los controladores de corriente, en la Figura 7a vemos la salida en corriente para el controlador PI convencional. La Figura 7b muestra la salida para el controlador difuso. A ambas estrategias se les simuló una perturbación aumentando la carga $MI=1$ al estar en estado estacionario. Como se puede observar, para ambos controles existe un cambio de corriente aproximado de 0.5 A a 3.5 A, también se observa que el control convencional con respecto al difuso presenta menor sobretiro, menor número de oscilaciones y menor tiempo en estacionarse.

Control de las revoluciones

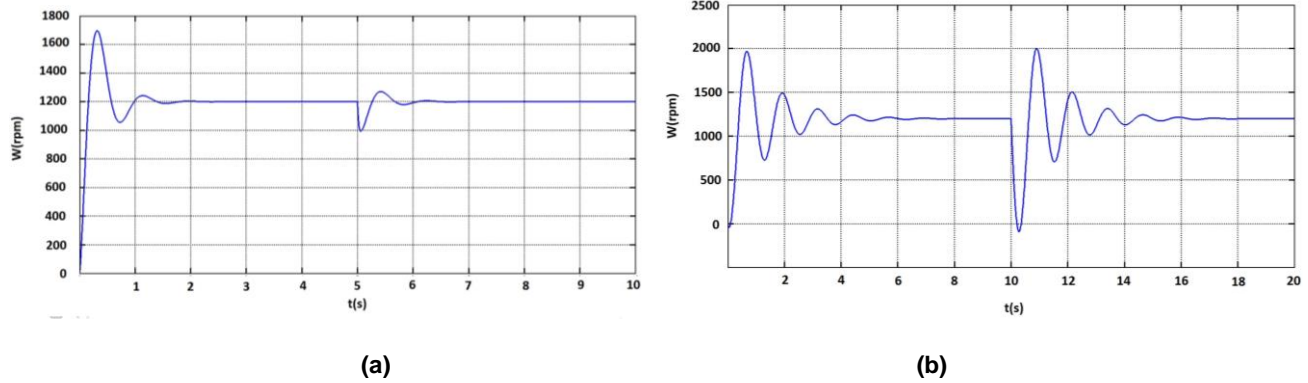


Figura 8. (a) Respuesta de las revoluciones con $MI=0$ y ante una variación de $MI=1$ en 5s para control convencional. (b) Respuesta de las revoluciones con $MI=0$ y ante una variación de $MI=1$ en 10s para control difuso.

La Figura 8 muestra el desempeño para las estrategias de control para las revoluciones del motor. En la Figura 8a se observa la respuesta del control convencional y en la Figura 8b se observa la respuesta del control difuso. A ambas estrategias se les simuló una variación de carga al estar en estado estacionario con $MI=0$ a $MI=1$. Se puede observar que ambas estrategias logran estacionarse en la salida de referencia establecida (1200 rpm), sin embargo el control difuso tarda más tiempo en lograrlo respecto al convencional, también se observa que el control difuso tiene mayor sobretiro y oscilaciones.

Simulación de perturbaciones

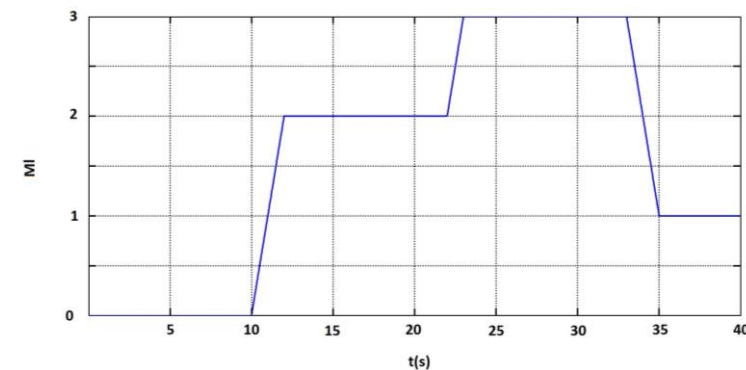
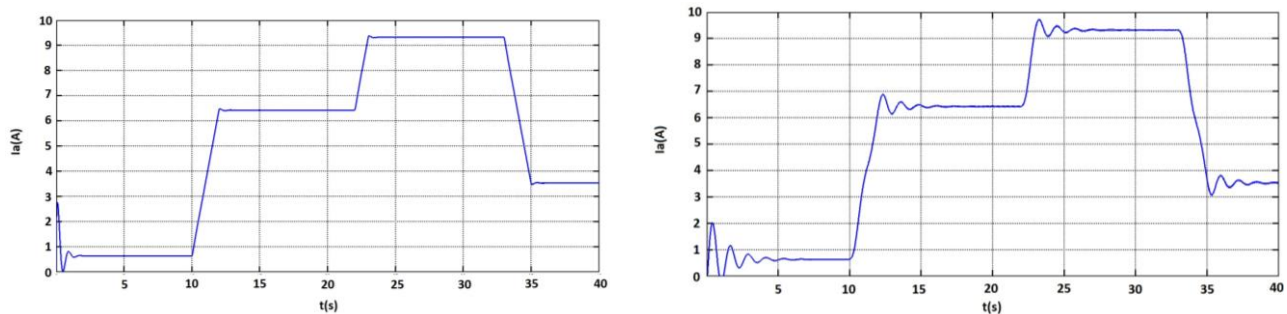


Figura 9. Simulación de entrada para la variación de carga (MI).



(a) (b)
 Figura 10. Simulación en la variación de MI para control. (a) Muestra la gráfica para la corriente para el control convencional y (b) la gráfica de corriente para el control difuso.

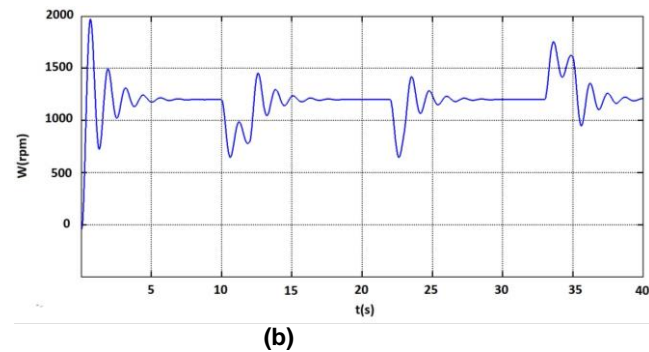
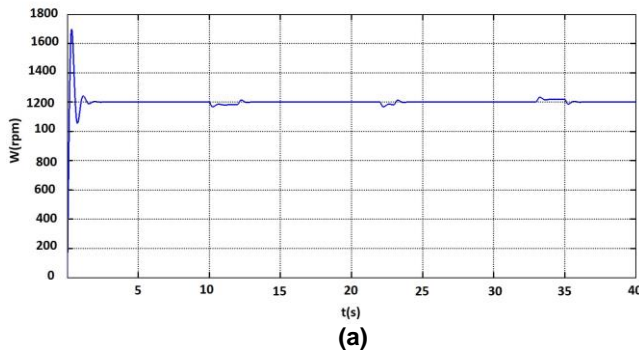


Figura 12. Respuesta ante la variación de MI para control. (a) Muestra la gráfica del control de las revoluciones para el control convencional y (b) la gráfica de las revoluciones para el control difuso.

Agradecimientos

Agradecemos al Consejo nacional de ciencia y tecnología por el financiamiento brindado para realizar nuestros estudios de posgrado.

Conclusiones

La aplicación de un esquema de control depende de las necesidades del sistema que se quiera controlar, es por eso que las estrategias de control que son eficientes para un sistema no lo serán para otro. Sin embargo, en este trabajo se busca tener una rápida respuesta ante variaciones de carga. En los resultados anteriores se puede observar los transitorios de la señal y el tiempo de asentamiento del controlador PI son menores que los del controlador PI difuso.

Referencias

1. L.F. Lozano Valencia, L. F. Rodríguez García, D. Giraldo Buitrago, "Diseño, implementación y validación de un controlador PID autosintonizado" Rev. Tecno Lógicas, No. ISSN 0123-7799, enero-junio 2012, pp. 33-53.
2. S. A. Verne, S. A. González, M. I. Valla, and F. Member, "Induction Motor Driven by a CAMC Using Predictive Control," vol. 12, no. 5, pp. 883–888, 2014.
3. P. M. Antonio, R. Mark, and W. Peter, "CONTROL DE LA VELOCIDAD DE MOTORES Y MAQUINAS," pp. 1–12.
4. A. V. Sant and K. R. Rajagopal, "PM Synchronous Motor Speed Control Using Hybrid Fuzzy-PI With Novel Switching Functions," IEEE Trans. Magn., vol. 45, no. 10, pp. 4672–4675, 2009.
5. M. N. Uddin and M. A. Rahman, "Fuzzy logic based speed control of an IPMSynchronous motor drive," in Proc. 1999 IEEE Canadian Conf. Electr. Comput. Eng., May 9–12, 1999, pp. 1259–1264.
6. L. M. Laguado, H. Chamorro, and J. Soriano, "Análisis y comparación entre un controlador PI difuso y un controlador PI óptimo convencional para un convertidor reductor," Ing. e Investig., vol. 29, no. 3, pp. 61–66, 2009.

7. D. Preeti and N. Beniwal, "Comparison of Conventional and Fuzzy P/PI/PD/PID Controller for Higher Order Non Linear Plant with High Dead Time," *Int. J. Sci. Res. Publ.*, vol. 2, no. 8, pp. 1–5, 2012.
8. M. A. Anaya Pérez, V. H. Benitez Baltazar, J. H. Pacheco Ramírez, F. Montaña Valle "Diseño de controladores P,PI,y PID para el comportamiento dinámico de un servo-sistema hidráulico, basado en desarrollo experimental" *EPISTEMUS 2014* pp. 13- 21.
9. T. Höfling, P. Pfeufer, "Detection of Additive and Multiplicative Fault-Parity Space vs. Parameter Estimation", *IFAC SAFEPROCESS'94*, 1994 vol.2, pp.539-544, Espoo, Finland, June.

Implementación de un goniómetro digital en aplicaciones de rehabilitación motriz.

Miriam C. Reyes-Fernández, Venancio Rosas-Mosqueda, Ruben Posada-Gómez, Albino Martínez-Sibaja. (mcrefer@gmail.com, venanrm@gmail.com, rposada@itorizaba.edu.mx, albinomx@yahoo.com)

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, avenida Oriente 9 Núm. 852, Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Ver., México
Área de participación: Ingeniería Electrónica

Resumen

En este trabajo se propone el desarrollo de un goniómetro digital para la medición de los ángulos de flexión, que podrá ser empleado en aplicaciones de rehabilitación motriz. Se realizó un goniómetro digital usando un potenciómetro, una barra de acrílico colocada sobre la parte estática del mismo y otra sobre la giratoria. Debido a que la medición del ángulo se obtiene directamente por medio de la variación de la posición en el potenciómetro, Es necesario efectuar una caracterización del comportamiento resistivo respecto a su desplazamiento angular, esto se realiza con un divisor de tensión. Se implementó un dispositivo para sincronizar los desplazamientos angulares con las lecturas de tensión del circuito. Como resultados de este trabajo, se obtuvo una curva de histéresis que describe el comportamiento no lineal entre el desplazamiento angular y la tensión del potenciómetro, de esta manera se determinan los parámetros necesarios para el ajuste del ángulo tomando en consideración dicha histéresis. Se desarrolló también un algoritmo que identifica la dirección del desplazamiento angular, y un filtro digital de medio de cuarto orden para reducir el ruido de la línea eléctrica. Finalmente se presenta una interfaz que mapea la tensión obtenida respecto a un ángulo de inclinación. Este trabajo muestra la factibilidad para implementar un goniómetro utilizando un potenciómetro con errores menores a dos grados.

Palabras clave: Goniómetro, Caracterización, linealización, potenciómetro.

Abstract

This paper describes the development of a digital goniometer to measure the blending angle for applications of motor rehabilitation. This paper shows the use of a linear potentiometer in a goniometer by obtaining the characteristic curve from its measured voltage and mapping it to a bending angle. The way to obtain the curve was by building a machine that could synchronize the angular displacement and the potentiometer's voltage measured. After having this values, it was detected a hysteresis in the potentiometer's behavior, this non linearity was absorbed by using mapping techniques that were programmed on the goniometer's software inside the microcontroller that was used. Thus, there is a way to use a potentiometer as a sensor in a digital goniometer; nevertheless there will be quantitative error sorts: the mechanical error from the built machine, the repeatability error, and the accuracy error between the real and the measured error.

Introducción

Uno de los aspectos de mayor importancia en la rehabilitación es la flexión angular de los miembros superiores e inferiores, Para ello se emplea un goniómetro, el cual consiste generalmente en un semicírculo o círculo graduado en 180° o 360° [1], Este instrumento permite medir el ángulo de movilidad articular limitado por enfermedades, lesión o desuso. [2] Es decir en la exploración del aparato locomotor por ser una técnica simple, no invasiva y no requerir sedación (en la mayoría de los casos).

En este trabajo se implementó un goniómetro digital [3] para la medición del ángulo entre dos líneas coincidentes o planos paralelos mediante un sensor; se empleó como elemento de medición un potenciómetro debido a las características proporcionalidad entre la posición angular del potenciómetro y los valores de resistividad del mismo. La curva que describe al potenciómetro es lineal entre el ángulo de rotación y la resistencia interna entre una de sus terminales. Con este dispositivo sería posible efectuar mediciones angulares en aplicaciones de rehabilitación motriz reduciendo los errores de medición [4], además de que la señal obtenida puede ser adquirida para un posterior análisis o procesamiento.

Metodología

Realización del sistema caracterizador del potenciómetro

Este instrumento utiliza un sistema electromecánico y una computadora. Adicionalmente, se efectúa un movimiento del potenciómetro mediante una transmisión de dos engranes rectos y un motor a pasos como rotor. La secuencia de excitación de las bobinas del motor a pasos es controlada mediante el software MATLAB® y envía a través del puerto USB a una tarjeta de desarrollo Arduino® que sirve como interfaz entre el sistema de control y el sistema electromecánico.[5]

El sistema caracterizador del potenciómetro se compone de los siguientes elementos:

- Sistema de control: El procesamiento es realizado empleando el software MATLAB®, mientras que la adquisición de los datos se efectuó por medio del puerto serie.
- Interfaz: Contiene una tarjeta programada para recibir la señal del potenciómetro y enviarla mediante comunicación serial al módulo de procesamiento de señales.
- Sistema electromecánico: Contiene el circuito integrado ULN2003A (Buffer con Transistores Darlington) para reforzar la corriente de la señal, un motor a pasos [6] de 7.5° (grados) como paso mínimo, tres engranes, un soporte mecánico para el mecanismo y el conector angular del tercer engrane con el potenciómetro.

Caracterización del potenciómetro.

Se colocó el potenciómetro cuyos parámetros se querían conocer en el conector del engrane del sistema caracterizador mencionado en la etapa anterior, posteriormente se desarrollaron diez mediciones controlando los desplazamientos angulares de 0° a 180° en ida y vuelta. Al finalizar esta rutina se guardaron los valores obtenidos. Se realizó un ajuste de la curva obtenida por medio de regresiones lineales para aproximar el comportamiento del dispositivo en un intervalo determinado [7].

Esquema del goniómetro

En la Fig. 1, se describe el esquema del goniómetro implementado. El dispositivo que adquiere la lectura del potenciómetro y realiza el mapeo es una tarjeta de desarrollo Arduino MEGA, en éste módulo viene la programación para el acondicionamiento de la señal antes de ser procesada por el microcontrolador.

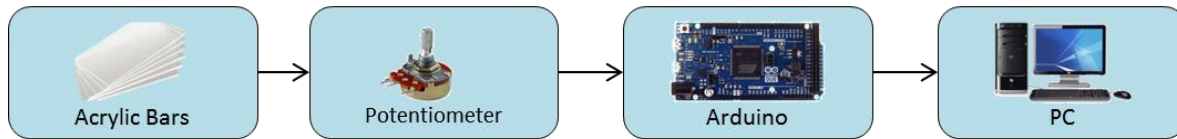


Fig. 1. Esquema del goniómetro implementado.

Resultados y discusión

Mediciones

El sistema caracterizador se muestra en la Figura 2.

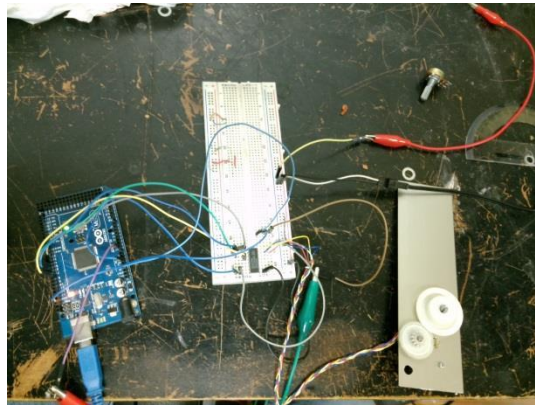


Fig. 2. Sistema caracterizador desarrollado.

Para caracterizar el motor se hicieron mediciones en ambos sentidos con pasos de 1.0443 grados. En la Figura 3 se muestran los valores obtenidos en cada paso. Es importante remarcar la existencia de un efecto de histéresis en las mediciones debido a las características del potenciómetro empleado.

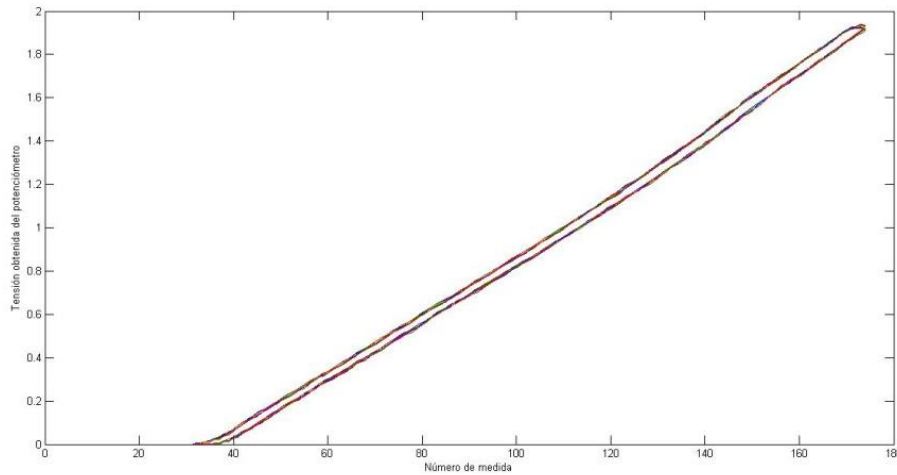


Fig. 3. Gráfica de las mediciones obtenidas.

Errores

En la parte mecánica del sistema caracterizador del potenciómetro, existe un error mecánico en el juego de engranes. Dicho error amplifica la histéresis presentada en el potenciómetro. Para conocer este error es necesario saber la diferencia entre el desplazamiento deseado y el medido con un objeto de referencia. En este caso se utilizó un transportador como patrón.

Para automatizar las mediciones, se utilizó un motor a pasos de 4 hilos con un avance de 7.5° por paso, de manera que la variación angular en el potenciómetro sea conocida. Para ello se construyó un sistema de transmisión entre el motor y el potenciómetro con tres engranes, unidos mediante un tren de engranaje.

Tabla. 1. Descripción de los componentes empleados en el sistema de medición angular

Nombre	Abreviación	Número de dientes
Engrane con Motor	d0	11
Engrane loco	d1	65
Engrane con potenciómetro	d2	79

De manera visual al dar 180° de vuelta, el motor a pasos ha dado 174 pasos, por lo que la variación angular por paso (θ_2) es:

$$\theta_2 = 180/174 = 1.0345^\circ$$

Adicionalmente es necesario efectuar una medición en el existe un error debido al desajuste mecánico de los engranes.

Con esta medición se encontró que 1.63 pasos equivalen a 1.69°sexagesimales de error mecánico en los juegos de engranes. De tal manera que este valor incrementa la histéresis del potenciómetro en valores de tensión con variación de 1.69°.

En las mediciones se nota que la diferencia en las rectas de subida y bajada en la curva característica tensión-ángulo, llámese diferencia de ángulo es en parte por la histéresis del juego mecánico entre los engranes y el comportamiento del potenciómetro.

Linealización

Posteriormente a la captura de datos y a los errores obtenidos, se generó un programa en el software MATLAB que obtiene las constantes que describen la curva característica del potenciómetro considerando los errores encontrados (Fig. 4). La función que describe a la relación tensión-ángulo del potenciómetro es la ecuación de la recta, que se menciona a continuación:

$$y = a * x + b$$

El programa genera las constantes *a*, y *b* para la función de ida y la de regreso considerando la histéresis (imagen izquierda encontrada y despreciándola (imagen derecha).

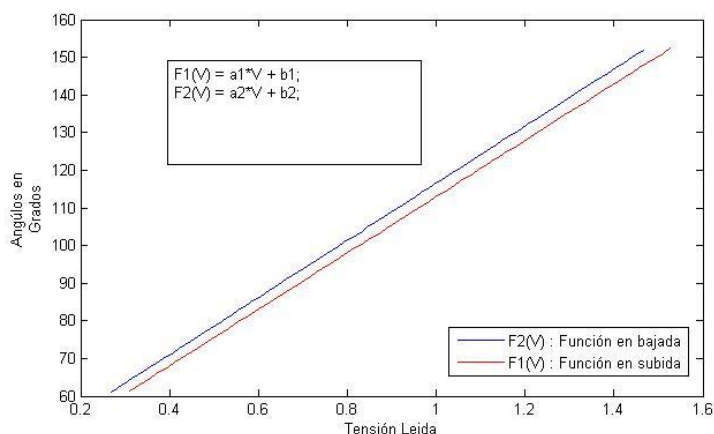


Fig. 4. Curva característica del potenciómetro con los errores encontrados.

Funcionamiento final

El programa final que mapea la tensión a ángulo posee dos algoritmos y una función que mapea la tensión a ángulo con ayuda de ellos.

El primer algoritmo realizado tiene como función rechazar el ruido generado por la red eléctrica que llega a generar variaciones de tensión eléctrica entre 1 mV y 50 mV, éste es llamado filtro medio, siendo una función *f* que requiere cuatro mediciones del divisor de tensión del potenciómetro *V* almacenados consecutivamente en un tiempo de muestreo *T*:

$$f = \frac{V(t) + V(t - T) + V(t - 2 * T) + V(t - 3 * T)}{4}$$

Un segundo algoritmo fue realizado para calcular la dirección del cambio del ángulo, éste fue realizado para utilizar las dos funciones linealizadas de subida y de bajada al ya conocer los parámetros que las describen, absorbiendo la histéresis. Este algoritmo se realizó usando la derivada discreta de cuatro puntos y comparando el signo de la suma de los valores obtenidos con la dirección.

Conclusiones

Con el goniómetro digital construido (Fig. 5) a partir de un potenciómetro como sensor se pueden realizar medidas que se asemejan a los valores reales, el error de este sistema fue de 1.69° de medición angular.



Fig. 5. Goniómetro desarrollado a partir del potenciómetro.

Gracias a la caracterización del sistema es posible determinar el error para decidir si este error se encuentra dentro de los límites tolerables para cada aplicación en particular. Adicionalmente es posible observar la existencia de una histéresis en las mediciones de resistencia del potenciómetro, pero puede ser compensado empleando el promedio de los valores para cada tensión medida.

En aplicaciones prácticas futuras, este trabajo podrá ser usado tanto para obtener los parámetros que describen la función idealizada del potenciómetro como para medir ángulos mediante la aplicación del programa que mapea.

Bibliografía

- [1] J. C. Z. E. M. Gil Fernández, "Fiabilidad y correlación en la evaluación de la movilidad de rodilla mediante goniómetro e inclinómetro," *Fisioterapia*, vol. 34, no. 2, pp. 73–78.
- [2] C. Andr, B. Diego, F. Ram, and R. E. Z. Riascos, "Sistema electrónico para estudio de espasticidad y pérdida de masa muscular por medio de electro – estimulación," 2014.
- [3] P. Á. López-Miñarro, "Validez de criterio del ángulo lumbo-horizontal en flexión como medida de la extensibilidad isquiosural en adultos jóvenes.(Criterion-related validity of the lumbo-horizontal angle in flexion as a measure of hamstring muscle extensibility in young," *CCD*, vol. 5, 2010.
- [4] M. A. N. G. Josefina Gutiérrez Martínez, Ascensión Ortíz Espinosa, Pablo Rogelio Hernández Rodríguez, "Sistema para medir el rango de movimiento de las articulaciones de la mano," *Rev. Investig. Clin.*, vol. 66, pp. 123–130, 2014.
- [5] A. B. Barajas, "Caracterización de Sensores de Imagen en una tecnología CMOS de $0.18 \mu\text{m}$," 2007.
- [6] J. Benet Freissinier, "Automatización y control de un motor a pasos para la sintonización de filtros de microondas," 2010.
- [7] L. E. Avenda, "Fundamentos de instrumentación."

Diseño y desarrollo de un sistema de captura de movimiento para análisis biomecánico

Joshua Adan Flores Perez¹, Oscar Osvaldo Sandoval Gonzalez¹, Albino Martínez Sibaja¹, Blanca Estela González Sánchez¹, Victorino Juárez Rivera², Erika Barojas Payan²

¹ Instituto Tecnológico de México Campus Orizaba, DEPI, Orizaba, Veracruz México,
Oriente 9 No. 852, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Ver., México

² Universidad veracruzana, facultad de ingenierías, departamento de Ingeniería industrial, Cd. Mendoza, Veracruz México

16 de Septiembre 310, Cd Mendoza, Ver., México

Área de participación: Ingeniería Electrónica

Resumen

En este artículo se presenta un sistema de captura de movimiento aplicado al estudio de la marcha humana mediante: sensores inerciales para la obtención de orientación absoluta, multiplexores para la comunicación entre los diferentes módulos de sensores inerciales con el microcontrolador, cables retractiles para la conexión entre los módulos con la tarjeta madre, tarjeta Sd para el almacenamiento de información fuera de línea, comunicaciones serial con diferentes software de procesamiento de datos y recreación de movimientos en realidad virtual para la observación y análisis. De tal manera que mediante estos dispositivos se pueda obtener las posiciones angulares de diferentes partes del cuerpo, para posteriormente realizar un análisis biomecánico en los diferentes sectores de salud, industrial y deportivo y así determinar de una forma cuantitativa las curvas características de los ángulos de cada articulación en la marcha humana.

Palabras clave: análisis biomecánico, captura de movimiento, sensores inerciales, realidad virtual.

Abstract

In this article is presented a motion capture system applied to the study of the human gait by: using inertial sensors to obtain of absolute orientation, multiplexers for communication between the different modules of inertial sensors to the Microcontroller, retractable cables for connection between modules to the motherboard, Sd card for storing information offline, serial communication with different data processing software and recreation movements in virtual reality for the observation and analysis. So that by these devices can obtain the angular positions of different body parts, and later perform a biomechanical analysis in the different sectors of health, industry and sports and determine in a quantitative manner the characteristic curves of the angles of each joint in the human gait.

Introducción

La biomecánica es un área de conocimiento interdisciplinaria que tiene por objeto el estudio de las estructuras de carácter mecánico, que existe en los seres vivos, esta área de conocimiento se apoya de diferentes ciencias biomédicas, utilizando los conocimientos de la mecánica, la ingeniería, la anatomía, la fisiología, entre otras, para estudiar el comportamiento del cuerpo humano y resolver los problemas derivados de las diversas condiciones a las que puede ser sometido.

Hoy en día hay sistemas muy avanzados para la captura de movimiento, sin embargo la mayoría es de uso restringido a condiciones de laboratorio con un costo elevado, sin mencionar que se requiere de personal altamente capacitado para manipular este tipo de sistemas.

Entre los sistemas para la captura de movimiento se encuentran los sistemas ópticos y no ópticos. Los sistemas ópticos se basan en una serie de cámaras. Se utiliza el procesamiento de imágenes para reconocer las partes del cuerpo y así obtener las posiciones y ángulos del cuerpo a estudiar. Otra técnica utiliza marcadores colocados en puntos específicos del cuerpo humano y pudiendo realizar un posterior análisis de los datos adquiridos. Los sistemas no ópticos se basan en diferentes sensores como potenciómetros, acelerómetros, giroscopios, magnetómetros, encoders entre otros. Los potenciómetros y encoders miden su posicionamiento angular colocándolos en las articulaciones con bases metálicas para que en el momento que se flexione la articulación mueva el dispositivo. Los acelerómetros, giroscopios y magnetómetros más conocidos en conjunto como

sensores inerciales, miden el posicionamiento angular por medio de una serie de cálculos a partir de la medición de cada uno de los sensores integrados.

La simulación es una de las herramientas más importantes que se han vuelto indispensables dentro del análisis biomecánico, teniendo como característica principal el poder verificar y recrea los movimientos a realizar.

El objetivo de este trabajo es diseñar y desarrollar un sistema de análisis biomecánico, basado en sensores inerciales para el estudio de la parte mecánica. Proponiendo una alternativa al proceso de adquisición de datos de los sensores inerciales para poder realizar un análisis biomecánico para diferentes sectores.

Estado del arte

Análisis por medio de la fotogrametría

Para el estudio de análisis biomecánico del cuerpo humano se utiliza en unos casos la fotogrametría, que engloba numerosas herramientas para la obtención de parámetros cuantitativos, como es el caso de A. Moreno (Moreno 2008) donde realizan un estudio de la marcha humana con las técnicas de videogrametría, electromiografía y dinamometría, realizando una planeación y configuración de un laboratorio, donde resalta que las herramientas que utilizo las selecciono por ser las de mayor utilización en su actualidad. El este artículo considera metodologías para obtener un análisis eficiente, como la colocación de las 6 cámaras y un plataforma de fuerza con un software Gait Eliclinic®, así como la caracterización de los tiempos y ciclos de utilización del equipo y la colocación de marcadores.

La fotogrametría ha tenido un gran impacto para la rehabilitación médica, en el trabajo de S. Mihradi (Mihradi et al. 2011) se realiza una investigación de un sistema 3D para procesar y mostrar la cinemática en 3D. El programa realizado calcula con éxito el espacio lineal, cinemática y aceleraciones en la actividad de marcha humana resaltando la metodología utilizada para un análisis eficiente. Se compararon los resultados con algunos otros reportados en la literatura y se obtuvo una concordancia entre ángulos y posiciones obtenidas.

Una de las desventajas con las que cuenta el sistema de cámaras Vicon, son las oclusiones que llega a tener cuando los marcadores se enciman y pierde información. Con el fin de mejorar estos sistemas M. Quirin (Quirin, Kolja, and Buss 2008) presenta un trabajo donde realiza el análisis biomecánico con visión estéreo estándar. Los algoritmos que presenta ofrecen resultados fiables, que evitando oclusiones y detectan un número arbitrario de personas en una escena. Cabe destacar que el desarrollo de este trabajo mostró un futuro prometedor al compararlo con otros sistemas de fotogrametría.

En la actualidad las personas sufren problemas lumbares, cifolordosis, escoliosis entre otros, lo que ha llevado a la necesidad de analizar las posturas del cuerpo humano un ejemplo es Faber (Faber et al. 2012) que se centra en detectar posturas degenerativas mediante técnicas fotogramétricas y poder determinar las correcciones necesarias asociadas con la salud ocupacional. El trabajo abarco desde una amplia literatura de conceptos generales y comparación de algoritmos para el procesamiento de imágenes, donde señala los errores al adquirir la información no controlada, como el color de ropa, presencia de luces indeseadas expuestas a los medios de captura de datos.

Morales Acosta (Maestría and En 2013) presenta un trabajo donde se analiza la marcha de los equinos, por medio de su investigación determina sus herramientas, utilizando una combinación entre análisis fotogramétrico y acelerómetros situados en puntos específicos del equino y así poder adquirir información sobre el cuerpo de los equinos, logrando representar curvas basales determinando las fases de la marcha en ellos.

Los sistemas de fotogrametría cuentan con una alta frecuencia de trabajo sin mencionar una alta precisión en la captura de datos. Sin embargo estos sistemas son de uso especializado, necesitan ser operados por personal altamente capacitado, tienen un área de trabajo reducida, tienen un costo alto y cuentan con oclusiones al encimar o incidir los marcadores.

Análisis por medio de sensores inerciales

Los sensores inerciales (Imu) son altamente utilizados en diferentes áreas de estudio, debido a su practicidad, bajo costo y su tamaño reducido. Un ejemplo de área de estudio es el que realizó Gnerlich (Gnerlich and Perry 2011). Dicho trabajo presenta un sensor inercial para experimentos de células biomecánicas basado en un proceso de fabricación simple y muy sensible, además de ser muy sensible. Se resalta el tamaño y la fabricación del dispositivo; así como las tablas comparativas de tamaño-sensor piezoeléctrico y su funcionamiento.

Los sensores inerciales tienen un efecto llamado drift en este efecto se presencia pequeños errores en la medición de la aceleración y la velocidad angular, este efecto se trató en el trabajo de Eric Bachmann (Bachmann et al. 2012). Presenta un algoritmo de seguimiento de posición, realizando experimentos donde el usuario recorrió una trayectoria de 100 y 400 metros de distancia. A partir de estas pruebas enfatiza en que reduce significativamente el efecto del sensor, mejorando la calidad de adquisición de datos para su posterior análisis, y así poder trabajar en estudios futuros como movimientos verticales ya sean subir escaleras o caminar en terrenos desiguales.

Otro método para reducir este efecto se estudia en la publicación de J. C. Alvarez (Internationale et al. 2007). La estimación de la distancia recorrida en el análisis de la marcha humana, es uno de los factores de mayor importancia en su estudio. En este trabajo propone utilizar una fusión de sensores con un filtro de Kalman adaptado para reducir el drift del sensor. En la práctica el sistema fusionado proporciona una estimación de distancia más exacta que los sistemas sencillos de sensores inerciales.

Los sistemas embebidos de los sensores inerciales han cobrado mucha popularidad para el análisis biomecánico como se muestra en el trabajo de Taylor (Taylor et al. 2013). En este trabajo se realiza una red de sensores Imu por medio de comunicación inalámbrica, para las extremidades inferiores de un humano, además presenta los errores que ocasiona este tipo de comunicación, como es la pérdida de datos, la baja frecuencia de trabajo y mala liberalización de los sensores, así mismo encuentra una ruptura de datos y la curva de la tangente X y Z de la tibia no se pudo calcular por la pérdida de datos.

Frisoli (Frisoli et al. n.d.) Realiza un sistema con sensores inerciales y unidades inalámbricas ZigBee, los sensores inerciales permite obtener las variables biomecánicas del cuerpo humano, haciendo varias pruebas, con sujetos realizando un gesto de alcanzar y agarrar un objeto para obtener sus coordenadas en el espacio 3D, complementando la validación del sistema con videografía de manera simultánea.

Zihajehzadeh (Zihajehzadeh et al. 2014) presenta un trabajo en el que habla de combinar la tecnología GPS y sensores inerciales para interpretar información más exacta. Además propone dos etapas de filtros de Kalman, que consiste en la orientación independiente y subsistemas de posición velocidad. Los resultados fueron comparados con un sistema de cámaras MOCAP de alta precisión, donde los resultados señalan un error de aproximadamente 27 cm en movimiento lento y salto vertical, sin embargo esto lo hace ideal para mediciones al aire libre al utilizando tecnologías portátiles.

Otro trabajo con sensores inerciales y la tecnología GPS fue realizado por Waegli (Waegli, Guerrier, and Skaloud 2008). Se realizaron experimentales se utilizaron 4 sensores inerciales colocados estratégicamente en forma de tetraedro y se demostró que el error se disminuye considerablemente en la navegación entre un 30 y 50 por ciento.

En los deportes un sistema de análisis biomecánico puede reducir el tiempo de aprendizaje y práctica, con el cual puede desenvolver el hábito correcto, en el artículo escrito por Yi-Chen (Huang et al. 2012) desarrolla un sistema de sensores inerciales para el análisis en el deporte de golf, donde analiza el swing de diferentes usuarios, por medio de un análisis y cálculos de las leyes de movimiento de Newton para calcular su trayectoria para acelerar el proceso de aprendizaje a los usuarios.

Este artículo presenta una nueva manera de comunicación entre los sensores inerciales y el microcontrolador, reduciendo los costos comparado con los sistemas antes mencionados de videogrametría o sistemas de sensores inerciales, mejorando la comunicación con respecto a los sistemas alámbricos de sensores inerciales existentes, teniendo en cuenta que puede ser un sistema adaptable sin importar la anatomía de los usuarios, además de ser un sistema capaz de ser portable y adaptable a la medida de los usuarios.

Metodología

Elección de sensor inercial

Se realizó una revisión de sensores inerciales de los cuales se seleccionó el sensor Pololu minimu-9 v3 que es una unidad de medición inercial (IMU), que viene equipado con un L3GD20H giroscopio de 3 ejes y un LSM303D acelerómetro y magnetómetro de 3 ejes en una pequeña placa de 0.8 "x 0.5".

Incorporación de multiples sensores

Se realizó una investigación para interconectar más de dos sensores IMU y el microcontrolador que cuentan con comunicación i2c, por lo cual en la investigación se optó por utilizar multiplexores de i2c, ya que son de rápida respuesta así pudiendo intercambiar las conexiones entre sensores. Para poder controlar el multiplexor entre los 15 sensores inerciales se realizó una función dentro de la programación a clases, de la cual los tres primeros parámetros que obtiene la función son las dirección de los sensores inerciales y los dos últimos parámetros son para la selección entre los 4 multiplexores que se utilizan en el sistema

Para la incorporación de 15 sensores se diseñaron y armaron dos placas que contuvieran los multiplexores independientemente de la tarjeta de control que se conectan en el microcontrolador, para una mejor manipulación de estos. En la ilustración 1 muestra la conexión entre la tarjeta del microcontrolador y los multiplexores, las líneas punteadas representan las señales de control, las líneas continuas representan las conexiones Sda y Scl. Cada dos multiplexores controla 8 sensores inerciales.

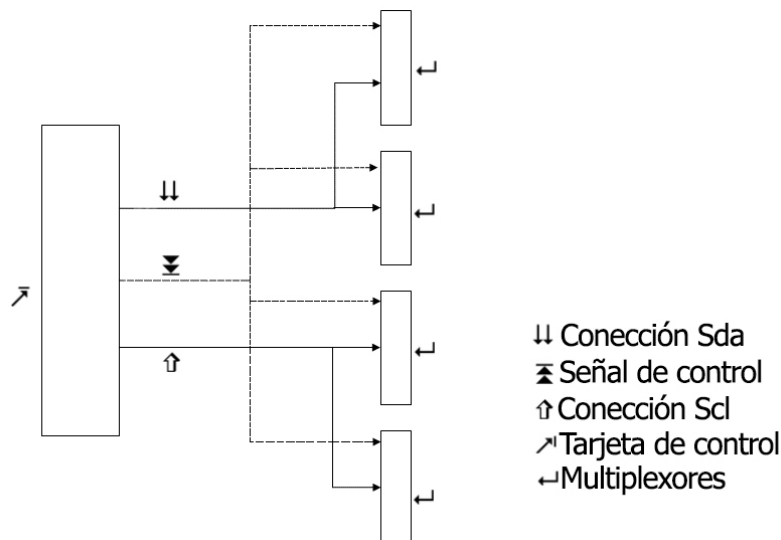


Ilustración 1 Diagrama de conexión de los multiplexores y tarjeta de control

Tarjeta madre

Se realizó la programación en objetos de los sensores inerciales para poder ocupar más de dos sensores utilizando programación en paralelo para poder realizar diferentes operaciones en el mismo instante en que se leen los sensores.

Se realizó la programación para que los datos adquiridos por el microcontrolador se almacenaran en una memoria SD, donde se utiliza un comparador para reconocer si se encuentra conectada la tarjeta SD en el sistema, para asegurar una adquisición de datos antes de realizar el análisis.

Se abre el archivo con nombre iner.txt que contiene la tarjeta o se crea inmediatamente si no lo contiene, posteriormente almacena cada una de las posiciones de los sensores, así como la velocidad de transmisión y número de muestra. La tarjeta de control cuenta con un botón, donde se utiliza para marcar diferentes matrices de datos para tener una referencia en el análisis. Se diseñó y realizó la placa que contendría los multiplexores de i2c y conectores para hacer el sistema de 16 sensores inerciales y un módulo SD para la adquisición y almacenamiento de datos

Se diseñaron las placas que se montaran en cada articulación del cuerpo con conectores rj45 para que pudiera ser un sistema retráctil y no tuviera problemas con la longitud de las extremidades de cada persona. A continuación se muestra los módulos en el software de diseño y físicamente.

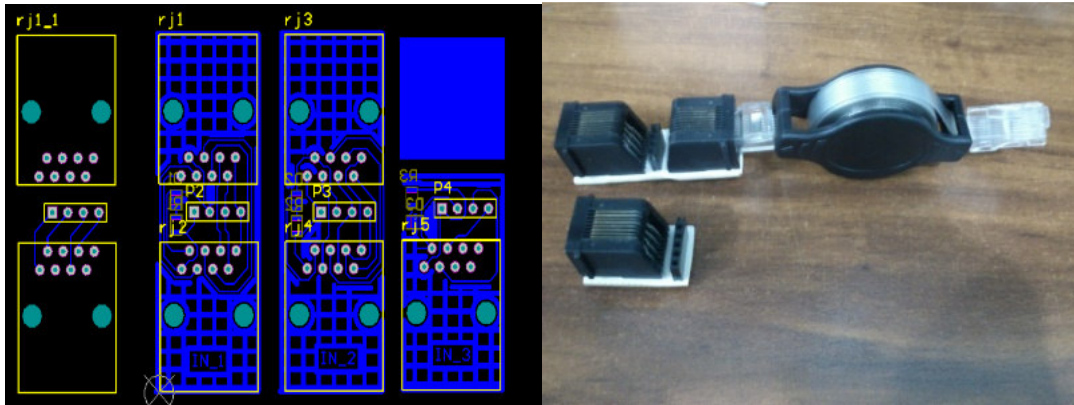


Ilustración 2 Módulos de sensores inerciales

En la siguiente ilustración se observa el plano general de sistema de captura de movimiento, la tarjeta la tarjeta madre, los módulos de sensores, la conexión entre ellos posición donde se colocan los módulos y tarjeta madre.

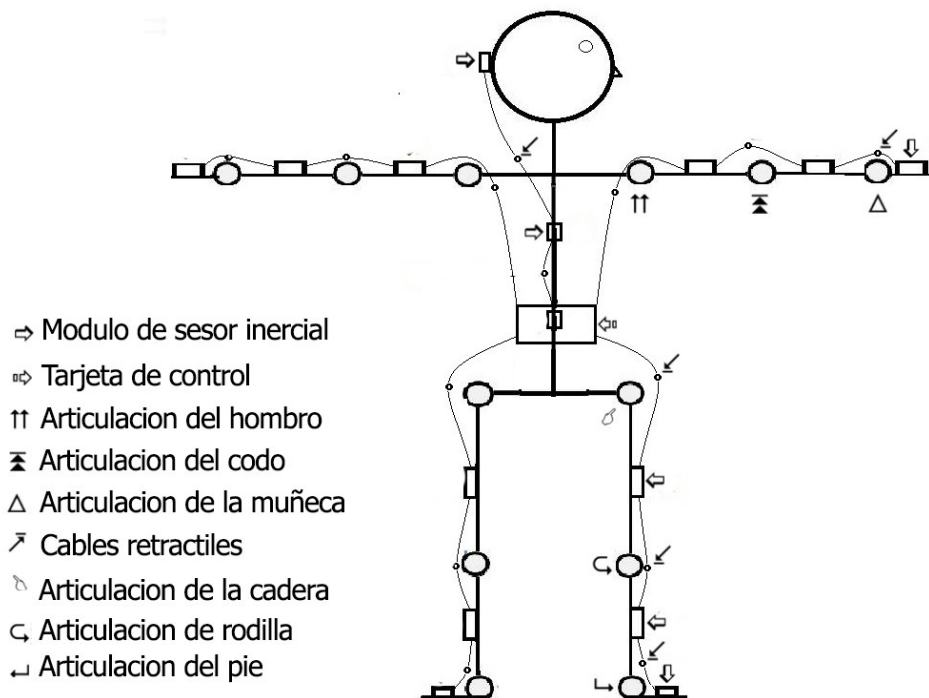


Ilustración 3 Sistema completo

Se diseñó una interfaz de usuario en C#, esta interfaz adquiere los datos del microcontrolador por el puerto serial, a su vez este los procesa y los manda por el protocolo udp para poder ser adquirido por otra interfaz ya sea de uso especializado en procesamiento de datos y Xvr (Xtreme Virtual Reality). Los dos primeros se utilizan para el procesamiento de datos y adquisición de información. El programa Xvr se utiliza para recrear los movimientos del usuario por medio de un avatar como se muestra en la siguiente ilustración.

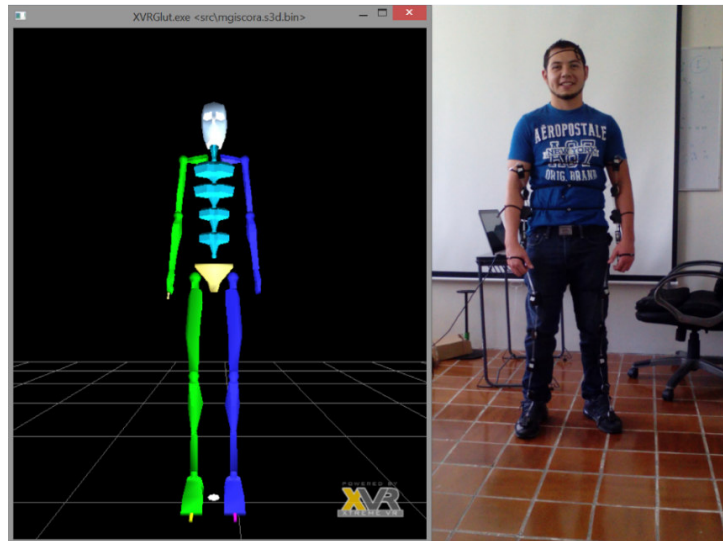


Ilustración 4 Recreación en Realidad Virtual.

Resultados y discusión

Se realizaron diferentes pruebas de la marcha humana, un de ellas se muestra a continuación. Las gráficas de los sensores 1, 2 y 3 son utilizados en la pierna derecha por el muslo, espinilla y pie del usuario y los sensores 4, 5 y 6 son utilizados por la pierna izquierda por el muslo, espinilla y pie del usuario. Cada grafica representa la rotación en "X" y "Y" de cada sensor, siendo esta la flexión correspondiente a cada articulación. La prueba comprendió de un paso izquierdo, un paso derecho y juntar los pies.

La información adquirida comprende de 147 datos por el eje X y 147 en el eje Y, por cada sensor utilizado expresados en grados. El análisis de la marcha en este estudio se dividió en 4 fases que son choque de talón, apoyo completo del pie, despegue de ante pie y oscilación como se muestra en la ilustración 5. Cada fase comprende aproximadamente de 36 datos para este caso.

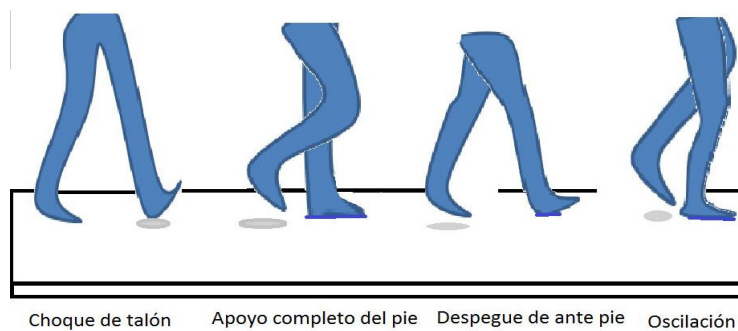
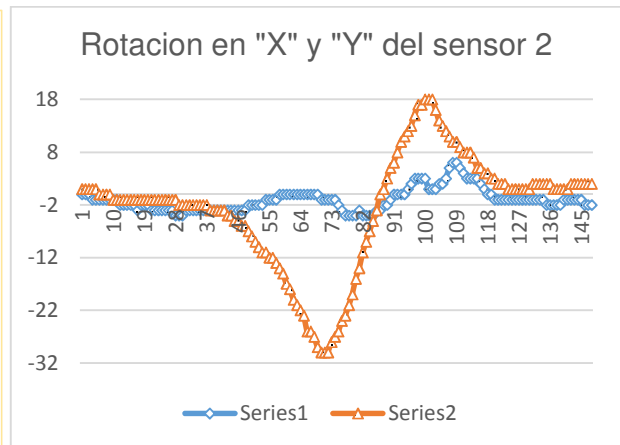
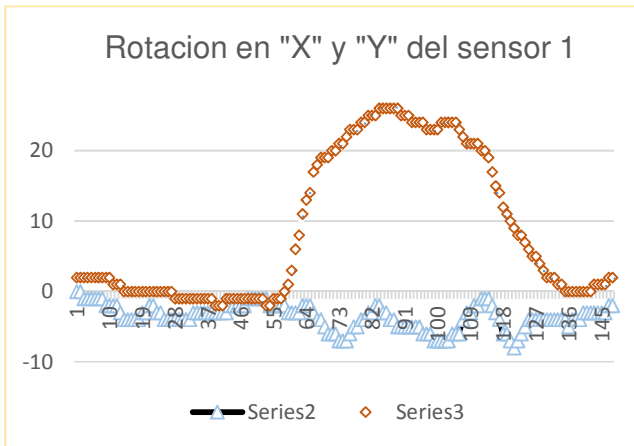


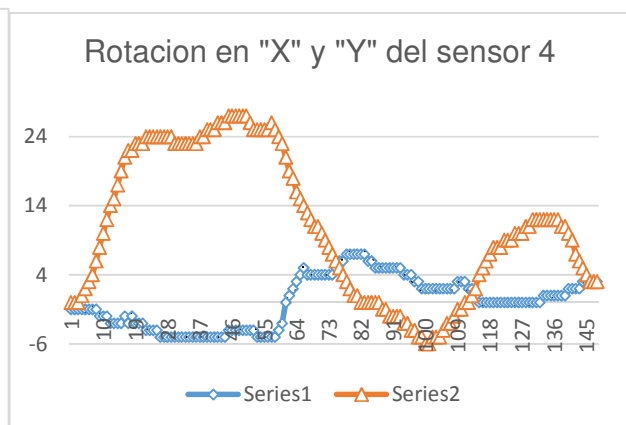
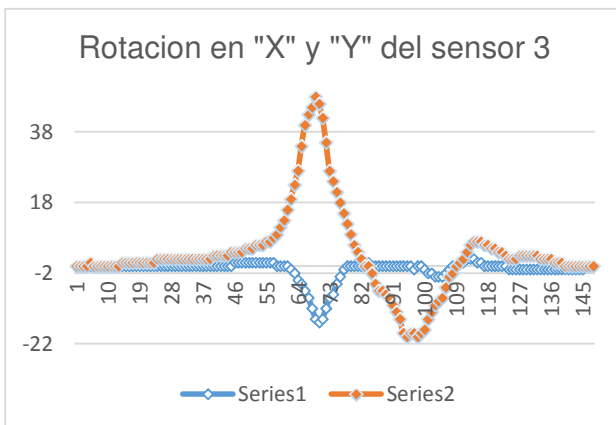
Ilustración 5 Fases de la marcha humana

Se puede observar en las gráficas 1 ala 6, que al iniciar la primera fase y parte de la segunda con el pie izquierdo, los primeros 3 sensores muestran una pequeña actividad de oscilación, sin embargo los 3 sensores del pie derecho se puede percibir que los ángulos tienen una mayor fluctuación. En las fases 3 y 4 se observar que los ángulos de inclinación son mayores en los sensores 1, 2 y 3. En este estudio se puede observar claramente que los ángulos que presentar una mayor oscilación son los que se encuentran en el plano X. Este estudio se puede comparar con una base de datos estandarizada de la marcha humana, para ver las desviaciones con las que cuenta el paciente y así poder diagnosticar de algún tipo de trauma, lesión, disfunción neuromuscular o deformaciones esqueléticas.



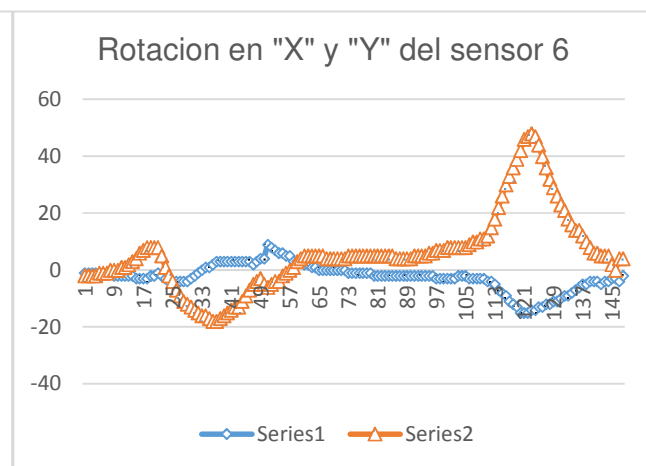
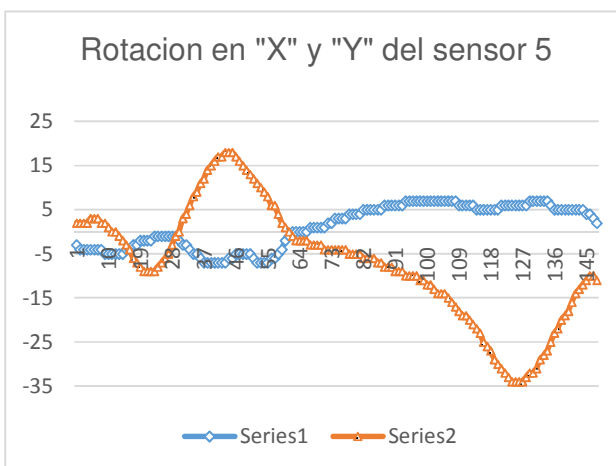
Grafica 1 Sensor inercial del muslo derecha

Grafica 2 sensor inercial de la pantorrilla derecha



Grafica 3 Sensor inercial de pie derecho

Grafica 4 Sensor inercial del muslo izquierdo



Grafica 5 Sensor inercial de la espinilla izquierda

Grafica 6 Sensor inercial de la esinilla izquierda

Trabajo a futuro

Se pretende conjuntar el sistema de captura de movimiento con otros dispositivos de electromiografía y sensores de fuerza, para realizar un análisis biomecánico más detallado. Otro trabajos a futuros es conjuntar el sistema de captura de movimiento con redes neuronales para poder analizar diferentes gestos se encuentra el usuario al momento de realizarlos.

Conclusiones

El proyecto presentado cumple con el objetivo propuesto, teniendo en cuenta que el sistema está basado en tecnología donde se pueden desarrollar diferentes aplicaciones personales como industriales. El sistema ya integrado con la interfaz de usuario y el programa de realidad virtual se integró de una forma óptima donde las comunicaciones son estables con retrasos mínimos.

Referencias

1. Bachmann, Eric, James Calusdian, Eric Hodgson, and Xiaoping Yun. 2012. "In Situ Heading Drift Correction for Human Position Tracking Using Foot-Mounted Inertial/Magnetic Sensors." : 5425–30.
2. Faber, John, Archila Díaz, Juan Carlos, and Moreno Muñoz. 2012. "Análisis Biomecánico de La Postura Mediante Técnicas Videogramétricas."
3. Frisoli, Melisa A et al. "Sensor Portable Para Registro Cinemático Por Comunicación ZigBee." : 1–5.
4. Gnerlich, M, and S F Perry. 2011. "A SUBMERSIBLE PIEZORESISTIVE MEMS LATERAL FORCE SENSOR FOR CELLULAR BIOMECHANICS APPLICATIONS ABSTRACT." : 2207–10.
5. Internationale, Cité et al. 2007. "Multisensor Approach to Walking Distance Estimation with Foot Inertial Sensing." (2): 5719–22.
6. Maestría, Programa D E, and Y Doctorado En. 2013. "M. En I. Lázaro Morales Acosta."
7. Mihradi, S, A I Henda, T Dirgantara, and A I Mahyuddin. 2011. "3D Kinematics of Human Walking Based on Segment Orientation." (November): 386–90.
8. Moreno, Adriana Villa. 2008. "Electromiografía Y Dinamometría." : 16–26.
9. Quirin, M, K Kolja, and Martin Buss. 2008. "A Model-Based Algorithm to Estimate Body Poses Using Stereo Vision." : 285–90.
10. Taylor, Thomas, Seungoh Ko, Carlos Mastrangelo, and Stacy J Morris Bamberg. 2013. "Forward Kinematics Using IMU on-Body Sensor Network for Mobile Analysis of Human Kinematics." *Conference proceedings : ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference* 2013(5): 1230–33. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24109916>.
11. Waegli, Adrian, Stéphane Guerrier, and Jan Skaloud. 2008. "Redundant MEMS-IMU Integrated with GPS for Performance Assessment in Sports." : 1260–68.
12. Zihajezadeh, Shaghayegh et al. 2014. "Integration of MEMS Inertial and Pressure Sensors for Vertical Trajectory Determination." : 1–11.

Sistema de calentamiento por inducción.

G. Granados Vásquez^{1*}, I. Herrera Aguilar¹, A. Martínez Sibaja¹, J.J.A. Flores Cuautle^{1,2}, B.E. González Sánchez¹.

¹Maestría en Ingeniería Electrónica, División de estudios de posgrado e investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba. Oriente 9, No. 852, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Ver., México

²Cátedras CONACYT, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
Área de participación: Ingeniería Electrónica

Resumen.

Se diseñó un sistema de calentamiento por inducción para utilizarse en una línea de galvanizado, específicamente para la tina de flux. Los objetivos de este sistema son: disminuir el consumo de gas licuado a presión, y por lo tanto, abatir los costos de producción del alambre galvanizado, acelerar el tiempo de arranque de la línea de galvanizado, lo que permitirá incrementar el stock de producto terminado e incrementar las ganancias económicas de la empresa, así como brindar un método de calentamiento del agua que sea mucho más eficiente.

Los resultados muestran que es posible realizar el calentamiento del agua hasta la temperatura deseada, aunque es necesario optimizar el factor de potencia del dispositivo para obtener un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica.

Palabras clave: *Calentamiento por inducción, inversor de puente completo, factor de potencia.*

Abstract.

An induction heating system was designed for use in a galvanizing line, specifically for the flux tub. The objectives of this system are: Reduce the consumption of liquefied gas, and therefore reduce the costs of production of galvanized wire, accelerate startup time of the galvanizing line, which will increase the stock of finished products and increase the economic profits of the company, providing a method of heating water that is much more efficient and safer.

The results show that it is possible to heat water to the desired temperature, although it is necessary to optimize the power factor of the device for better use of electricity.

Introducción.

El calentamiento por inducción es un método para suministrar energía calorífica de forma de rápida, eficiente, controlada, consistente, repetible y limpia a materiales conductivos. El calentamiento por inducción se ha convertido en una de las tecnologías de calefacción preferidas, entre otras aplicaciones, debido a sus ventajas cuando se le compara con otras técnicas de calentamiento como son el calentamiento con flama, resistencias calefactoras o los tradicionales hornos alimentados por gas L.P. [1], [2]. Entre sus principales aplicaciones a nivel industrial podemos mencionar: Tratamientos térmicos, fusión, soldaduras, alivio de tensiones, aplicación de revestimientos, etc [2].

En el calentamiento por inducción, se genera calor, en un material magnéticamente conductivo por medio del establecimiento de corrientes parásitas y pérdidas por histéresis sobre la pieza de trabajo. La cantidad de corrientes de Eddy que se inducen depende de factores como son la conductividad, la permeabilidad magnética y la geometría del objeto a calentar, la frecuencia de operación del inversor resonante que se utiliza y de la profundidad de penetración del calor [3].

Debido al número de aplicaciones existentes en la actualidad, se ha desarrollado un gran interés por el calentamiento por inducción, no sólo desde el punto de vista industrial y económico, sino también porque tiene un gran impacto a nivel social y en el medio ambiente [6].

Una de las aplicaciones más recientes del calentamiento por inducción incluye a los dispositivos de planchado. Para la fabricación de este dispositivo se ha empleado una configuración de medio puente y se efectuó un estudio comparativo contra un sistema de planchado convencional, observando una significativa reducción del consumo de energía (consumo de 385 watts por hora del dispositivo implementado contra 880 watts por hora del sistema regularmente utilizado para esta actividad), además de una alta eficiencia (92 %). Sin embargo, la configuración de medio puente presenta algunos inconvenientes cuando se le compara contra la configuración de puente completo, como son el incremento de contenido armónico en la salida del inversor, la capacidad del manejo de potencia se reduce a la mitad y que la amplitud de la salida no es controlable.

En los procesos domésticos relacionados a la cocción de alimentos, el calentamiento por inducción brinda algunas ventajas, tales como limpieza, alta eficiencia y reducido tiempo de calentamiento. Para este tipo de aplicaciones se ha desarrollado y fabricado un convertidor resonante boost AC – AC de topología de medio puente, cuyas características principales son su reducido tamaño y la disminución de los niveles de corriente no solo en el convertidor, sino también en el inductor que genera el calentamiento por inducción, con lo cual la eficiencia del convertidor se mejora notablemente. A diferencia de trabajos anteriores, la corriente alterna de baja frecuencia no circula a través del inductor, garantizando las condiciones de conmutación suave a lo largo de una amplia franja de la potencia de salida, reduciendo los problemas de conducción y radiación EMC e incrementando la eficiencia. Otro aspecto importante a mencionar es que esta solución coincide totalmente con los desarrollos recientes de dispositivos semiconductores para altos voltajes y altas frecuencias de operación.

El objetivo del presente trabajo es diseñar e implementar un sistema de calentamiento por inducción para realizar el calentamiento de agua y de esta forma optimizar el arranque de una línea de galvanizado.

Metodología.

Descripción general del sistema.

El dispositivo de calentamiento por inducción propuesto está constituido por un transformador que se encarga de acondicionar el nivel de voltaje de la línea de alimentación hacia el dispositivo y brindándole protección al sistema, aislando las tierras. Las características de dicho transformador son las siguientes: 120 VCA / 60 VCA @ 22 A.

A continuación, la salida del secundario del transformador se conecta a un rectificador de potencia de puente completo, cuya función es convertir el voltaje de corriente alterna a un voltaje de corriente directa para alimentar al inversor.

En el inversor, el voltaje de entrada de corriente directa es cambiado a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseadas.

La frecuencia de oscilación del sistema se fija mediante un circuito resonante, el cual está compuesto por un banco de capacitores y una inductancia en paralelo. La misión de este componente es servir como un almacén de energía en forma de campo eléctrico (capacitores) y como un almacén de energía en forma de campo magnético (inductancia), dando origen a un vaivén de la corriente, lo que oscilación electromagnética del sistema.

Para controlar la temperatura de calentamiento del agua, se diseñó un sistema de control de temperatura. El sensor de temperatura utilizado es un termopar de tipo "J". La estrategia de control empleada es on – off debido a la lentitud de cambio de nuestra variable.

Otro aspecto importante a mencionar es que, debido a que se observó que el transformador de acondicionamiento de voltaje disipa una gran cantidad de energía al medio ambiente, se decidió diseñar y emplear un intercambiador de calor, fabricado en aluminio, permitiendo recuperar parte de esta energía y reutilizarla en proceso de calentamiento del agua. La circulación del agua desde el depósito del fluido hacia el intercambiador y viceversa se realiza mediante la inclusión de una bomba sumergible en el dicho contenedor.

Experimentación.

Para energizar y controlar la fuente de alimentación del sistema, se utilizó una fuente programable de corriente alterna marca Agilent, modelo 6813 B, con la finalidad de monitorear los parámetros eléctricos de intensidad de corriente, factor de potencia, potencia real, potencia aparente y potencia reactiva.

El fluido a calentar fue agua almacenada en un depósito (5 litros) fabricado a base polímero. Dicho depósito posee un volumen máximo de 10 litros y está graduado litro a litro. La tapa del contenedor se perforó para permitir el acceso de los conductores de alimentación del inductor, un termómetro marca Brannan, con escala de -20°C a 150°C utilizado para medir el cambio de temperatura del líquido y las tuberías de descarga, tanto de la bomba sumergible instalada en el interior del contenedor como del intercambiador de calor.

Dentro del contenedor se instaló el inductor del sistema, lo que permite efectuar la transferencia del calor hacia el agua. Para determinar cuál es el mejor material a calentar y la mejor frecuencia de oscilación del sistema, se utilizaron cuatro núcleos metálicos de distinto material (acero 1045, acero inoxidable austenítico, aluminio y bronce) y se efectuó un barrido de frecuencia, cambiando únicamente el valor de capacitancia del circuito resonante. A partir de estas pruebas y con ayuda del analizador electrónico de la fuente, se elaboraron las tablas correspondientes a cada frecuencia de operación. Es dichas tablas de colocaron los tiempos que tarda el sistema en incrementar de grado en grado la temperatura del líquido y los parámetros eléctricos antes mencionados.

Durante las pruebas experimentales se pudo apreciar que el transformador de acondicionamiento disipaba una gran cantidad de energía calorífica hacia el medio ambiente, por lo que se empleó un intercambiador de calor fabricado en aluminio, que permite recuperar parte de esa energía y reutilizarla en el calentamiento del fluido.

El armado del sistema se muestra en la figura 1.

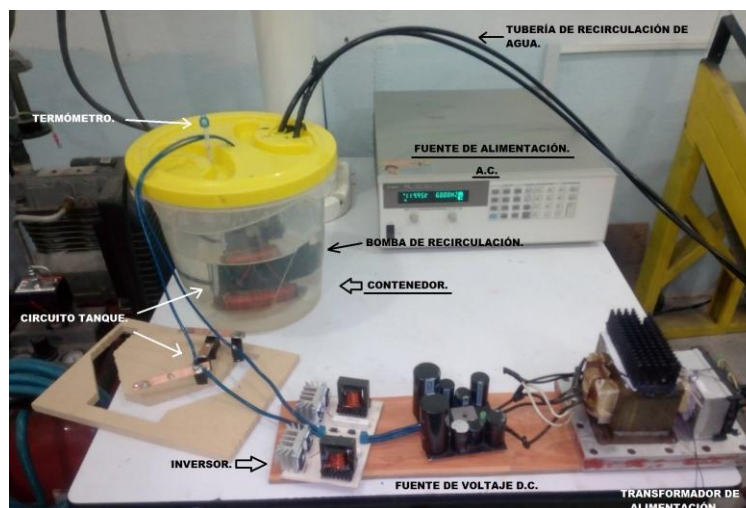


Figura 1. Pruebas de calentamiento del sistema de inducción.

A partir de las tablas de los parámetros eléctricos obtenidos con analizador de la fuente, se elaboró la gráfica de temperatura vs tiempo de calentamiento del agua (figura 2).

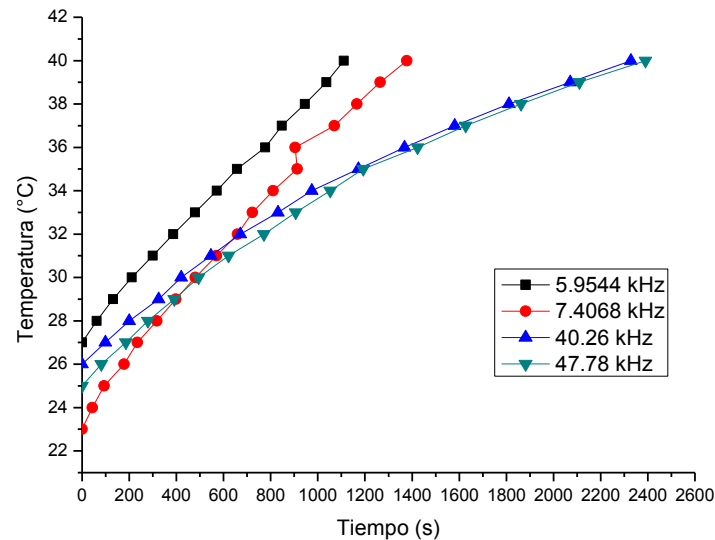


Figura 2. Comportamiento de la temperatura vs el tiempo a cada una de las frecuencias de oscilación propuestas. Material del núcleo: acero 1045.

Resultados y discusión.

Se realizaron pruebas de funcionamiento con el sistema de calentamiento por inducción utilizando cuatro núcleos de diferente material: acero al carbón (1045), acero inoxidable austenítico, aluminio y bronce. El inductor del sistema se colocó dentro del líquido a calentar y se realizó un barrido de frecuencia con cada uno de los núcleos antes mencionados.

Analizando las gráficas anteriores podemos observar que, sin importar la frecuencia de oscilación del sistema, la temperatura alcanzada por el fluido siempre es igual a la temperatura establecida como punto de consigna (para nuestro caso de estudio, 40 °C), variando únicamente el lapso de tiempo en que llega a dicha temperatura.

Otro aspecto importante a considerar es el factor de potencia al que opera el dispositivo. Es necesario efectuar los cálculos para corregirlo y con ello, optimizar el consumo de la energía eléctrica

Con respecto a los materiales utilizados como pieza de trabajo, se observó que los materiales ferromagnéticos (acero 1045 y acero inoxidable) son los mejores para el establecimiento del campo y magnético y, por lo tanto para realizar el calentamiento por inducción, en especial el acero inoxidable, ya que cuenta con una gran resistencia a la corrosión.

Durante las pruebas de funcionamiento del calentador, el transformador de acondicionamiento de voltaje disipaba una gran cantidad de energía hacia el medio ambiente, por lo que fue necesario diseñar un intercambiador de aluminio para realizar el montaje del transformador sobre este y recuperar parte de esta energía, aplicándola al calentamiento del líquido, apreciándose una significativa disminución del tiempo de calentamiento empleado para alcanzar la temperatura deseada.

Trabajo a futuro.

Mejorar el factor de potencia del dispositivo, a fin de optimizar el consumo de energía eléctrica.

Conclusiones.

Los resultados muestran que es posible realizar el calentamiento del agua hasta la temperatura deseada sin importar la frecuencia de oscilación del sistema, siendo deseable realizar dicho calentamiento en el periodo de tiempo más corto posible.

Los materiales ferromagnéticos son los más adecuados para efectuar el calentamiento por inducción, en este caso el acero inoxidable, debido a sus propiedades mecánicas (alta resistencia a la corrosión).

Referencias bibliográficas.

- [1] O. Lucía, P. Maussion, E. J. Dede, J. M. Burdío, and S. Member, "Induction Heating Technology and Its Applications: Past Developments, Current Technology, and Future Challenges," vol. 61, no. 5, pp. 2509–2520, 2014.
- [2] O. Lucía, P. Maussion, E. J. Dede, and J. M. Burdío, "Introduction to the Special Section on Induction Heating Systems," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 61, no. 5, pp. 2504–2508, May 2014.
- [3] N. Sanajit and A. Jangwanitlert, "A Series-Resonant Half-Bridge Inverter for Induction-Iron Appliances," *IEEE Power Electronics & Drive Systems & Technologies Conference*, 2011, pp. 5–8.
- [4] V. Esteve, "Influencia de los componentes parásitos en el análisis y diseño de inversores resonantes paralelo para aplicaciones de calentamiento por inducción". Ph.D. dissertation. Universitat de València, Valencia, España, 1999.
- [5] H. Sarnago, O. Lucía, and A. Mediano, "Direct AC – AC Resonant Boost Converter for Efficient Domestic Induction Heating Applications," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 29, pp. 1128–1139, March 2014.
- [6] P. K. Sadhu, N. Pal, A. Bhattacharya and A. Bandyopadhyay , "Desing of helical shaped heating coil and load circuit for h.f. mirror inverter based induction heater", *International Journal of Engineering Science and Technology*, Vol. 4, no. 11, pp. 4516 – 4531, 2012.

Análisis comparativo de un esquema de control PI difuso contra un esquema de PI convencional.

Aduna-Padilla José L.; Colorado-Galindo Benjamín; Marcial-Rodríguez Miguel;; Reyes-Fernández Miriam C.,
Martínez-Sibaja Albino

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, avenida Oriente 9 Núm.
852, Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Ver., México

Área de participación: Ingeniería Electrónica

Resumen

Este artículo presenta el diseño y análisis de dos sistemas de control cascada, PI-PI y PI-PI difuso, para controlar la velocidad y la corriente de un motor de CD; se describen los cálculos y procedimientos utilizados, se muestran tablas y gráficas comparativas donde se establecen las ventajas y desventajas de cada caso de estudio presentado al cual se realiza una variación de carga para determinar la eficiencia de los dos controladores mencionados para el control de un MOTOR de CD de 1.5 Kw.

Palabras clave: Control PI, Control difuso, sistemas de control, motor de CD.

Abstract

This work introduces design and analysis of two sets of cascade control PI -PI and PI - PI difuso to control the speed and power of a DC motor ; calculations and procedures used are described, comparative tables and graphs where the advantages and disadvantages of each for the case study presented, which consists of a DC motor 1.5 Kw establishing shown.

Introducción

Un sistema de control es una interconexión de componentes que forman una configuración de sistema que proporcionará una respuesta deseada [1] . Esto es, un sistema que contiene varias partes ya conocidas por el ingeniero de control quien las ordena de forma tal que reciba una respuesta ya esperada o deseada por él utilizando un planteamiento lógico y ordenado.

La importancia de las aplicaciones en el mundo real de los conceptos fundamentales de control es un tema clave para el ingeniero que desea especializarse en el área de control de procesos[2].

Cuando se habla de un sistema de control lineal se trata generalmente de controlar algo que no lo es. En el mundo real, ningún sistema es lineal, lo cual plantea serios problemas. Por tal razón, la linealidad se traslada a los cálculos, se trata de representar de forma lineal algo que no lo es para facilitar la construcción de modelos y de esa manera minimizar en el mayor grado posible los fallos y errores de un sistema.

En el control, las variables de entrada y de salida son únicas, se espera una respuesta exacta y con el mínimo de error, de otro modo, un sistema puede colapsar. Las entradas siempre tendrán variaciones que deben tomarse en cuenta para tener un modelo lo más exacto posible.

En la actualidad se han realizado muchos estudios y aplicaciones de la lógica difusa que han llevado al rápido progreso de esta teoría, proporcionando una alternativa para enfrentar situaciones del mundo real [3]

En la década pasada, los sistemas difusos han desplazado a las tecnologías convencionales en muchas aplicaciones científicas y sistemas de ingeniería, especialmente en los sistemas de control y el reconocimiento de patrones. La misma tecnología difusa, en la forma de razonamiento aproximado, está también resurgiendo en la tecnología de información, donde proporciona soporte de decisiones y sistemas expertos con las

capacidades de razonamiento poderosos, limitados a un mínimo de reglas. Los sistemas basados en lógica difusa imitan la forma en que toman decisiones los humanos, con la ventaja de ser mucho más rápidos. Estos sistemas son generalmente robustos y tolerantes a imprecisiones y ruidos en los datos de entrada.[4]

Tratándose de motores, los controladores deben hacerse a la medida de las necesidades de cada uno. No se puede pedir una velocidad mayor a la capacidad de velocidad de un motor, tampoco sobrecargar al motor, de lo contrario, se quemaría. Se trata de mantener la función de manera estable y tratando de mantener un orden en los posibles errores que se presenten, proponiendo una solución que permita reparar el resultado en caso de existir fallos.

1 Antecedentes

Los sistemas de control son una parte fundamental de la Ingeniería Electrónica, y resultan indispensables para poder estabilizar los sistemas que se quieran construir, desde motor hasta un tanque de bacterias anaerobias.

El uso de la lógica difusa se ha vuelto muy popular en los últimos tiempos, ya que representa una propuesta diferente a la de control clásico, que muchos consideran cuadrado y rígido, presentándose como una forma más flexible de parámetros de entrada de control y obtener diferentes salidas, de acuerdo a las entradas. Un ejemplo de esto son las lavadoras modernas.

Por supuesto, los partidarios del control y los del uso de la lógica difusa esgrimen argumentos diversos y hacen diferentes estudios de caso (experimentales y reales) para comprobar cuál de las corrientes puede ser la más acertada. El beneficiario de todo esto es el control en general, ya que gracias a esa competencia se han encontrado y diseñado diferentes sistemas que proponen soluciones versátiles y estables para cada tipo de problema.

En este trabajo, como parte de la materia Teoría de Sistemas Lineales, parte del plan de estudios del segundo semestre de la Maestría en Ingeniería Electrónica, que se ofrece en el Instituto Tecnológico de Orizaba, se toma un caso de estudio concreto, para hacer dos diferentes sistemas de control en cascada y compararlos, a fin de obtener resultados que puedan compararse entre sí y nos permitan obtener una mejor manera de controlar un motor de 3000 rpm y 110 V.

La propuesta es hacer dos controladores en cascada, uno PI-PI y otro PI-PI difuso, desde el diseño de la planta, el modelo matemático, las simulaciones por computadora y las tablas comparativas de los parámetros de cada una para poder dar una interpretación correcta de los resultados obtenidos durante el proceso.

Se utiliza el software MatLab y la aplicación Simulink para hacer las simulaciones de las plantas y de los controladores.

2 Caso de estudio

En los años recientes, los sistemas de control han asumido un papel cada vez más importante en el desarrollo de la civilización moderna y la tecnología. Prácticamente, cada aspecto de las actividades de nuestra vida diaria está afectado por algún sistema de control. Los sistemas de control se encuentran en gran cantidad en todos los sectores de la industria. Los componentes principales de un sistema de control se pueden describir mediante:[5]

- Objetivos de control.
- Componentes del sistema de control.
- Resultados o salidas.

En el control integral (I), la salida del regulador es proporcional a la integral de la señal de error:

$$\theta_C = K_i \int_0^t \theta_E dt \Rightarrow \theta_C = (K_i/s) \theta_E$$

Donde K_i es una constante ajustable. Dada la interpretación de la integral como suma continua, el control I es un control del "pasado"; cuando mayor es el error acumulado, mayor será la acción de control.

Uno de los pasos principales para el diseño de controladores difusos, es la comprensión y definición del sistema en términos de las variables de entrada y salida. Típicamente, son utilizados de 3 a 5 valores, asegurando una distribución simétrica de los valores positivos y negativos alrededor de la mediana. El método de estudio de la relación entrada/salida, define las funciones de membresía y las reglas de control, dependiendo del tipo de sistema a ser modelado. En el desarrollo de un modelo, el acercamiento más sencillo es el estudio de los sistemas controlados por humanos, debido al uso natural de variables lingüísticas.[6]

Se tomó como caso de estudio un motor con las siguientes características:

- ✓ Potencia: 1.2 Kw
- ✓ Velocidad (w): 3000 rpm / 314.16 rad/s
- ✓ I_a : 10 A
- ✓ Voltaje: 110 V
- ✓ R_a : 1.64 ohms
- ✓ L_a : 0.00676 H
- ✓ F_l : 0.345 Vs
- ✓ J : 0.9335 e-3 kgm
- ✓ M_f : 1.72 e-3N

La propuesta fue construir el modelo de un controlador PI-PI y de un controlador PI-difuso PI para el motor arriba mencionado, con el fin de obtener una tabla comparativa con los resultados obtenidos por ambos y establecer el controlador ideal para estabilizar el motor en el menor tiempo y con menor margen de error.

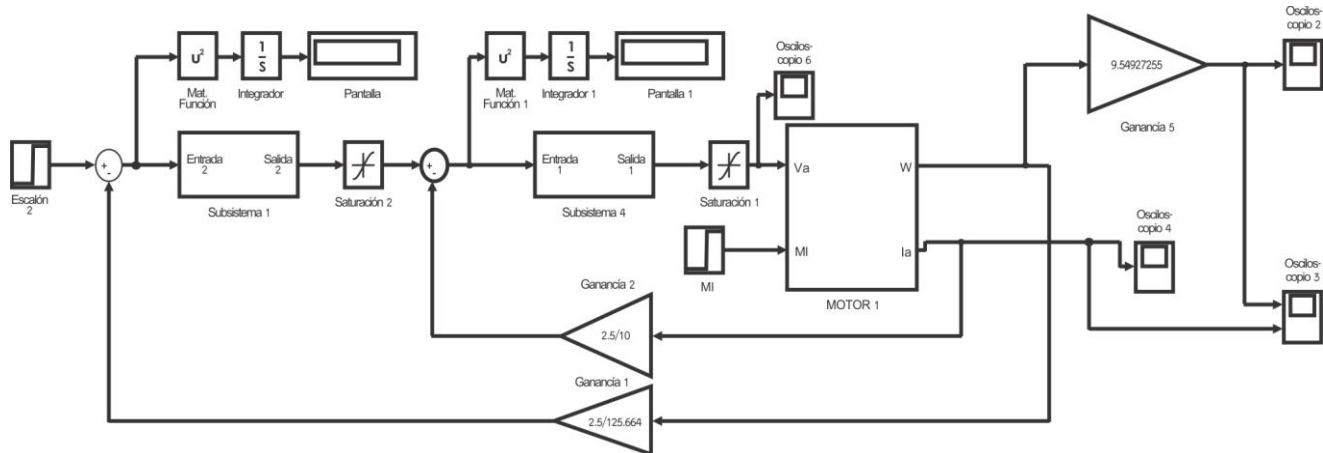
En la ecuación 1 vemos el modelo matemático del motor.

$$\frac{di_a(t)}{dt} = -\frac{R_a}{L_a} i_a(t) - \frac{F_l}{L_a} w(t) + \frac{1}{L_a} V_o(t)$$

$$\frac{dw(t)}{dt} = \frac{F_l}{J} i_a(t) - \frac{M_f}{Jw(t)} + \frac{1}{J M_l(t)}$$

Ec. 1 Modelo matemático utilizado para el motor

Para poder establecer un comparativo, primero se diseñó el modelo del controlador, utilizando la herramienta ToolBox Simulink® de MatLab, para ambos tipos de controlador.



©

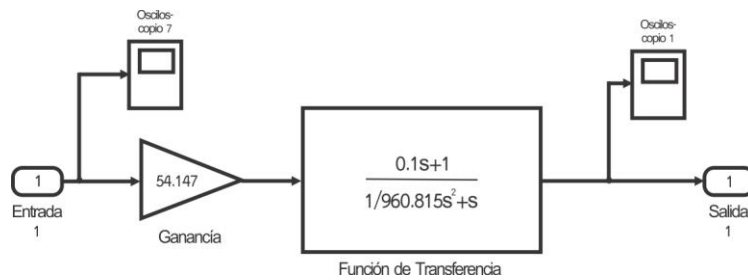
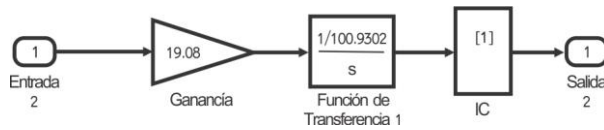


Fig. 1 Controlador PI-PI

En la figura 1 se muestra el diseño en MatLab del controlador PI-PI mediante la aplicación Simulink en un procedimiento llamado de caja gris en el cual se conoce el orden del modelo [7]

En la figura 2 se muestra el diseño en MatLab del controlador PI-PI difuso, hecho con el mismo método, para poder establecer el modelo.

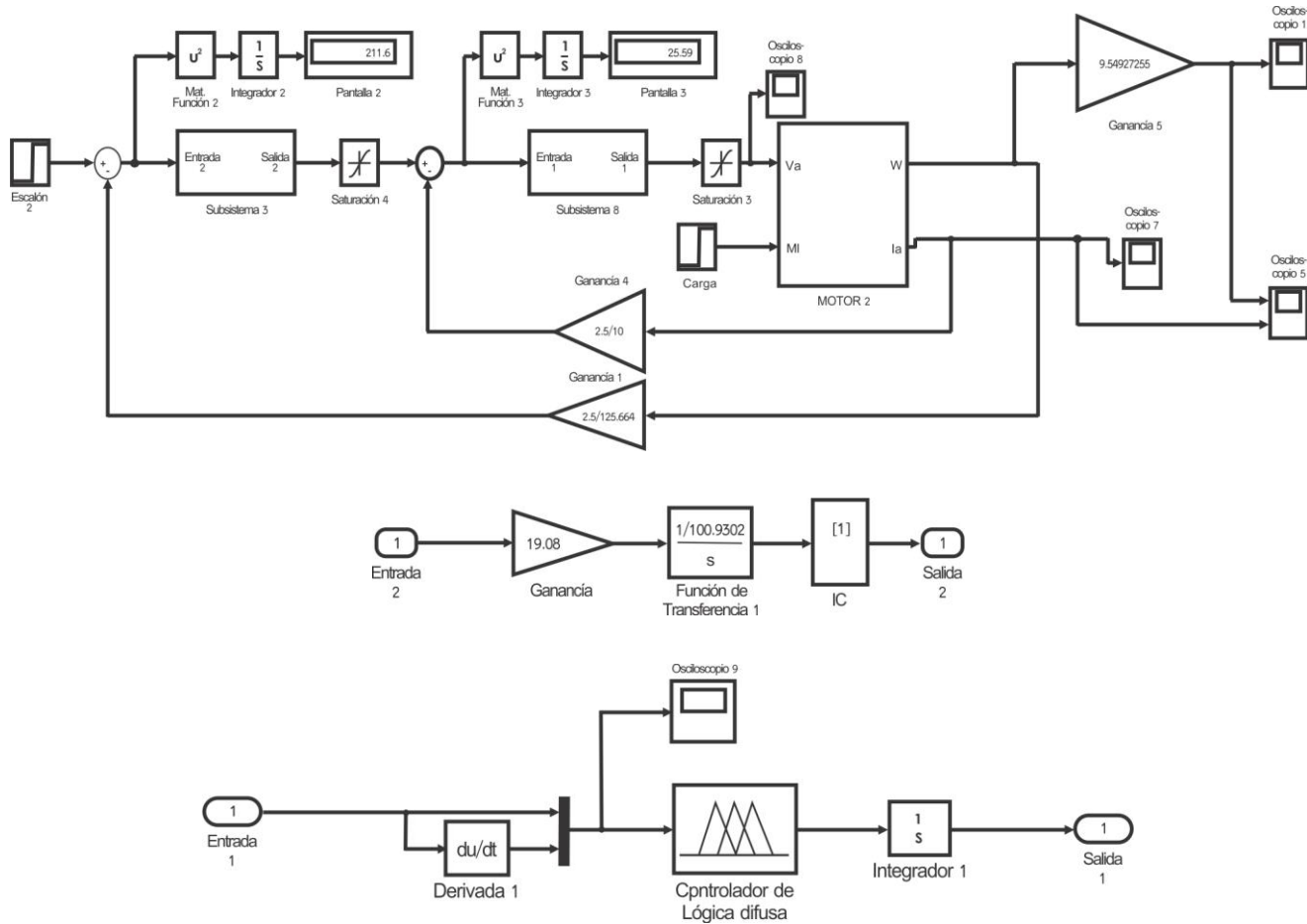


Fig. 2 Controlador PI-PI difuso

Resultados y discusión

Se pueden analizar los controladores difuso de una manera similar a los controladores clásicos y establecer relaciones entre sus parámetros, como lo planteó M. Santos *et al* [8].

Las primeras pruebas se hicieron aplicando diferentes cargas al inicio de la función del motor, desde cero hasta tres, a fin de encontrar un punto óptimo para el motor.

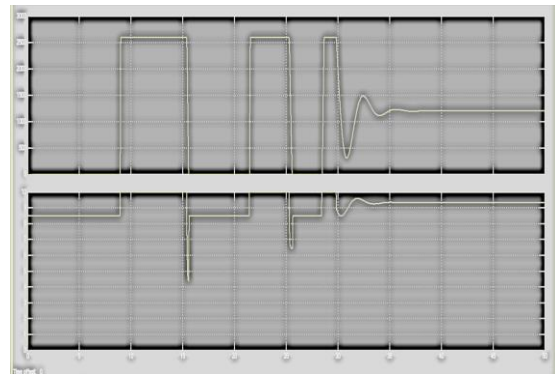
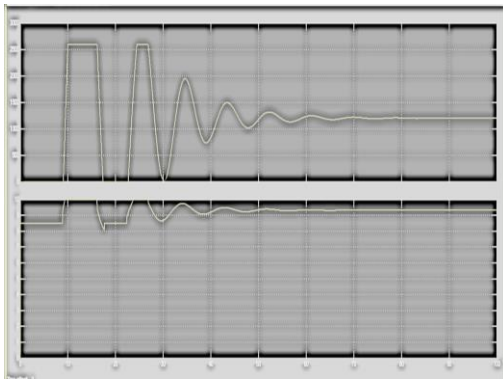


Fig.

3 PI-
PI-difuso con carga 0

PI y

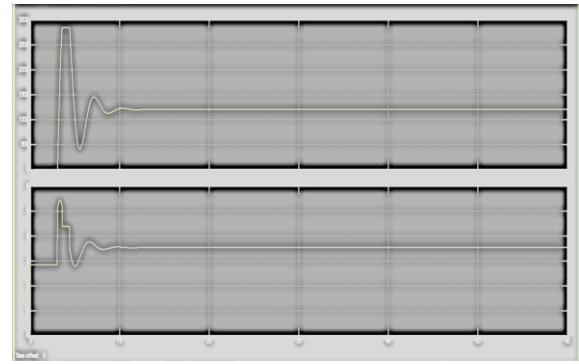
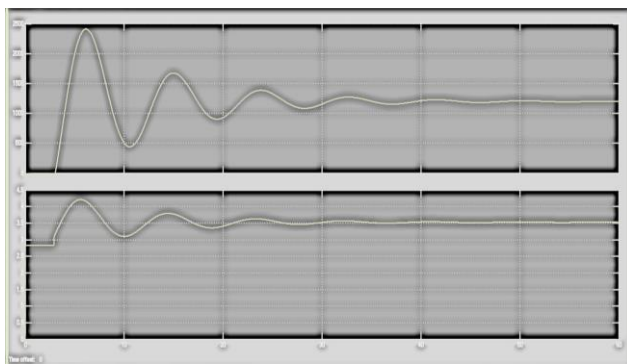
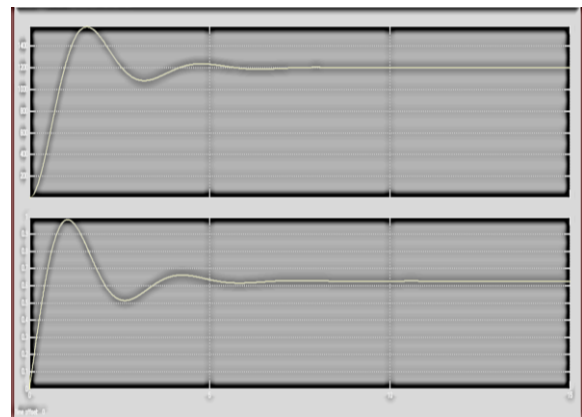
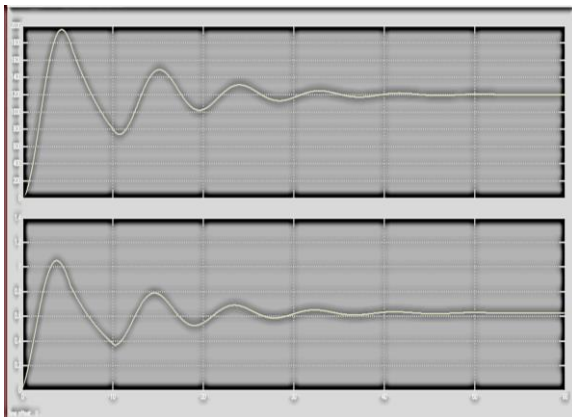


Fig 4. PI-PI y PI-difuso con carga 1

Fig



5. PI-PI y PI-difuso con carga 1

Los resultados obtenidos se ilustran en las siguientes tablas comparativas:

Carga	RPM referencia	Pi-Pi		Pi-Difuso	
		CIEC W	CIEC I	CIEC W	CIEC I
0	1200	15.98	0.7389	3.187	0.0007513
0.5	1200	25.93	1.196	13.85	0.06815
1	1200	44.38	2.416	35.05	0.5369
1.5	1200	70.97	4.861	65.26	2.024
2	1200	104.6	9.536	104.7	5.607
2.5	1200	144.3	17.71	153.5	12.83
3	1200	197.1	31.87	211.6	25.59

Carga	RPM referencia	Pi-Pi		Pi-Difuso	
		Pico de rpm	Tiempo de establecimiento W(s)	Pico de rpm	Tiempo de establecimiento W(s)
0	1200	1953.5	52.5	1577.4	9.5
0.5	1200	2097.5	55.26	2180	10
1	1200	2411.5	57.4	2846	13.15
1.5	1200	2781.5	58.6	2781.5	17.55
2	1200	2717	57.1	2717	22.14
2.5	1200	2652.8	72.57	2654.78	31.3
3	1200	2588.6	84.6	2591.86	38.5

Carga	RPM referencia	Pi-Pi			Pi-Difuso		
		Corriente	Pico de corriente	Tiempo de establecimiento o I(s)	Corriente	Pico de corriente	Tiempo de establecimiento o I(s)
0	1200	0.624	1.0511	40.52	0.6265	0.9844	11.4
0.5	1200	2.077.5	2.5815	43.85	2.073	2.995	12.37
1	1200	3.5	4.2075	51	3.52	5.45	12.75
1.5	1200	4.9	5.88	52	4.95	7.83	15.35
2	1200	6.41	7.51	55.9	6.42	10	19.45
2.5	1200	7.87	9.09	57.97	7.87	10	29.15
3	1200	9.32	10	68.72	9.32	10	36.8

Trabajo a futuro

Seguirán realizándose pruebas para obtener mejoras en el control de la planta del caso de estudio, y alumnos propondrán trabajos con un tema similar para AMCA (Asociación de México de Control Automático), en el Congreso Nacional de Control Automático a celebrarse en octubre de 2015 en Cuernavaca, Morelos.

Conclusiones

El control PI-PI en cascada frente al control PI- PI difuso resulta proporcionar mayor estabilidad en menos tiempo, siendo posible estabilizar el motor en pocos segundos tras una corrección de los parámetros de entrada. El CIEC en el controlador PI PI es menor al del PI-PI difuso.

Es necesario profundizar en el estudio y análisis de casos similares, para obtener los controladores idóneos para cada sistema.

Referencias

- [1] R. Dorf, *Sistemas de control moderno*. Prentice Hall, 2005.
- [2] B. En, D. Experimental, M. Elena, A. Pérez, V. Hugo, B. Baltazar, J. Horacio, P. Ramírez, and F. M. Valle, "INVESTIGACIÓN DISEÑO DE CONTROLADORES P , PI Y PID PARA EL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE UN SERVO-SISTEMA," pp. 13–21.
- [3] L. M. Laguado, H. Chamorro, and J. Soriano, "Análisis y comparación entre un controlador PI difuso y un controlador PI óptimo convencional para un convertidor reductor," *Ing. e Investig.*, vol. 29, no. 3, pp. 61–66, 2009.
- [4] G. A. Díaz, "Aplicación de la lógica difusa tipo dos en una planta didáctica en control de procesos industriales , respecto de las variables nivel y flujo," pp. 13–32, 2009.
- [5] J. Izquierdo Fernandez, "Controladores PI con acción de reset," Universidad Autónoma de Barcelona, 2011.
- [6] E. S. A. Ferreyra, R. Fuentes, "Control difuso una alternativa para aplicaciones de alta precisión," no. 525, pp. 1–6.
- [7] J. D. Rairán-Antolines and J. M. Fonseca-Gómez, "Doble lazo de control para regular la posición y la velocidad en un motor de corriente directa," *Ing. y Univ.*, vol. 15, no. 2, pp. 337–357, 2011.
- [8] M. Santos, S. Dormido, and J. M. De Cruz, "Fuzzy-PID Controllers vs . Fuzzy-PI Controllers," no. 34.
- [7] Díaz, Gustavo A., Lopez S. Jesús; Aplicación de la lógica difusa tipo dos en una planta didáctica de control de procesos industriales, respecto de las variables nivel y flujo. 2009.
- [8] Grajales, José David, López, Daniel; Control en cascada por métodos difusos; Revista EIA, ISSN 1794-1237 Número 8, p. 181-193. Diciembre 2007
- [9] Rairán-Antoines J.D., Fonseca-Gómez, J. M.; Doble lazo de control para regular la posición y la velocidad en un motor de corriente directa; Revista Ingeniería e Investigación, Vol. 29, 2009.

- [10] Rairán Antolines, J.D., Sierra Niño, Y. P.; Implementación de dos estrategias de control para la velocidad de un motor DC; Revista Ingeniería e Investigación, Vol. 29, 2009 (100-105).
- [11] Rairán Antolines, J.D.; Diseño de controladores de tipo proporcional integral derivativo (PID) y difuso para la posición de un motor de corriente continua (DC); Revista Ingeniería e Investigación, 2010.
- [12] Nelson Acosta, Héctor; Diseño de controladores dedicados a lógica difusa; Tesis doctoral; Universidad Autónoma de Madrid; 2006.
- [13] Kouro R., Musalem, M.; Control mediante lógica difusa; Técnicas Modernas en Automática.

Diseño y simulación de controladores PID para fuentes conmutadas

S. Quiroz Ontiveros*, A. Martínez Sibaja, B.E. González Sánchez, I. Herrera Aguilar.

Instituto Tecnológico de Orizaba. División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI). Av. Instituto Tecnológico No. 852, Col. E. Zapata, C.P. 94320 Orizaba-Veracruz-México.

*sofia992@gmail.com

Área de participación: Maestría en Ingeniería Electrónica

Resumen

En este artículo se presenta el diseño de 2 controladores del tipo Proporcional-Integral-Derivativo (PID). La metodología propuesta utiliza el método del lugar geométrico de las raíces; para facilitar la sintonización de dichos controladores se desarrolló un programa en Matlab. El diseño propuesto será implementado en 2 fuentes conmutadas: la primera es una topología elevadora y la segunda es una topología híbrida, las cuales serán parte de una fuente de alimentación de energía solar. En este trabajo también se presentan las simulaciones de estos controladores en el software Simulink.

Palabras clave: Controlador PID, Lugar geométrico de las raíces, Fuentes conmutadas

Abstract

This paper presents the design of 2 Proportional-Integral-Derivative controllers. The proposed methodology uses root locus as the method of tuning the PID controllers in order to ease the tuning of these controllers a Matlab program was developed. These designs will be implemented in 2 switch mode power supply, the first will be a boost topology and the second will be a Buck-Boost topology, both topologies will be part of a solar energy power supply. This paper also presents the simulation of these controllers in the Simulink software.

Keywords: PID Controller, Root locus, Switch mode power supply topologies

Introducción

Durante muchas décadas los sistemas de control, ya sean simples o complejos, han formado parte fundamental de los procesos automáticos en las diferentes industrias tales como las automotrices, las aeronáuticas [1], las químicas [2], eléctricas [3] entre otras. Dentro de los sistemas de control más sencillos pero más eficientes se encuentran los diferentes tipos de controladores como son: el proporcional (P), el proporcional integral (PI) y el Proporcional integral derivativo (PID), el uso de estos controladores depende de las necesidades del sistema que se quiera controlar, es por eso que la aplicación que resulte eficiente para un sistema no lo será para otro [4][5]. Entre los controladores mencionados el más usado en los sistemas de control en las industrias es el controlador PID [6][7][8].

Como caso de estudio se tomarán 2 fuentes conmutadas, las cuales serán parte de una fuente de alimentación de energía solar, la primera será una topología elevadora y la segunda un topología híbrida. En este artículo se presenta las características de los componentes de las fuentes conmutadas, esto con el fin de diseñar los 2 controladores PID de las respectivas fuentes, con el fin de facilitar la tarea del sintonizado de los controladores se desarrolló un programa en Matlab utilizando el método del lugar geométrico de las raíces. La estructura de este trabajo está formado por la metodología en la cual se da una breve descripción de las plantas a las cuales se aplicarán los controladores así como también la obtención de los polos de la plantas. En siguiente sección se muestran los resultados obtenidos de la sintonización de los controladores así como también la simulación de la mejor sintonización del controlador en el programa Simulink.

Metodología

PID topología elevadora

A continuación se presenta el diagrama de la topología elevadora Fig.1 la cual es parte de un sistema de alimentación basado en celdas solares y los valores de sus componentes de en la Tabla 1.

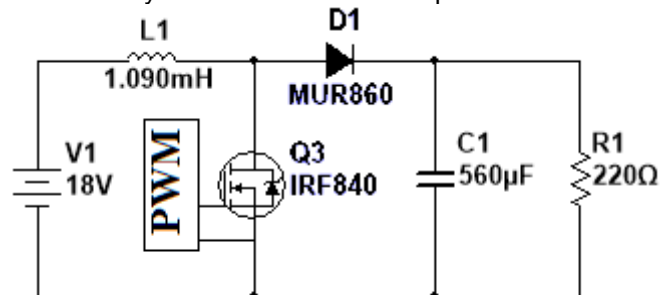


Fig. 1 Diagrama de la topología elevadora

Tabla 1. Valores de los componentes de la topología elevadora

Parámetro	Valor	Unidades
<i>L</i>	1.090	<i>mH</i>
<i>R</i>	220	Ω
<i>C</i>	560	<i>uF</i>
<i>Vi</i>	18	<i>V</i>
<i>Vo</i>	24	<i>V</i>

En donde:

Vi es el voltaje de entrada proporcionado por las celdas solares y

Vo es el voltaje de salida de la fuente conmutada el cual alimentará a la carga.

Con la función característica de nuestra planta Ec. 1 y sustituyendo los valores de los componentes en la fórmula general para ecuaciones cuadráticas obtenemos Ec.2 al resolver esta ecuación obtenemos el lugar de los polos de nuestra planta como se observa en la Ec. 3

$$s^2LC + s\frac{L}{R} + 1 = 0 \tag{Ec. 1}$$

$$s = \frac{-(4.9545 \times 10^{-6}) \pm \sqrt{(-4.9545 \times 10^{-6})^2 - 4(6.104 \times 10^{-7})(1)}}{2(6.104 \times 10^{-7})} \tag{Ec. 2}$$

$$s = -4.0584 \pm 1273.2149j \tag{Ec. 3}$$

Dado que la planta no contiene un integrador al controlador se incluye un integrador en el controlador para que el error de estado estacionario sea cero, así como también se incluyen 2 ceros y un polo como se muestra en la Ec. 4

$$G_c(s) = \frac{K \left(\frac{s}{\omega_n} + 1 \right) \left(\frac{s}{\omega_n} + 1 \right)}{s \left(\frac{s}{\omega_n} + 1 \right)} \tag{Ec. 4}$$

Para sintonizar el controlador es necesario proponer un polo de lazo cerrado así como un cero y un polo en lazo abierto, los valores propuestos que mejor resultado obtuvieron se muestran en la Tabla 2. Estos son los valores y los datos de la planta son los que se introducen en el programa para que pueda realizar las operaciones necesarias.

Tabla 2. Valores propuestos del controlador 1

Polo en lazo cerrado	Cero propuesto	Polo en lazo abierto
-5+1500j	-1	-150
-3+2500j	-1	-3
-3+3500j	-1	-3
-13+1000j	-1	-3
-10+1000j	-1	-1
-10+1500j	-1	-100
-10+2500j	-1	-100

En la Fig. 2 y Fig. 3 se muestran los diagramas a bloques del programa de Simulink con el que simularon los resultados obtenidos del programa desarrollado

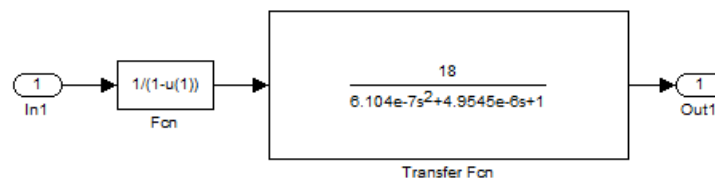


Fig. 2 Diagrama a bloques de la planta

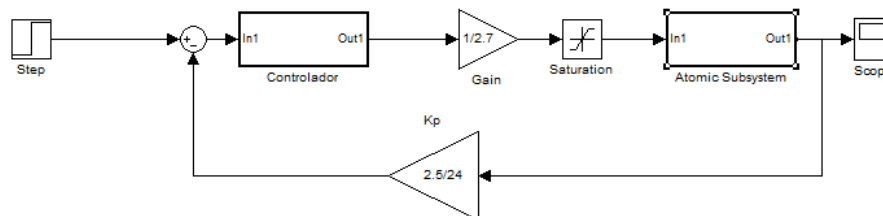


Fig. 3 Diagrama a bloques de la topología elevadora

PID topología híbrida

Para el diseño del controlador de la topología híbrida controlaremos la parte elevadora ya que ambas topologías tienen que acoplarse para alimentar una carga como se muestra en la Fig. 4. En caso de que hubiera variaciones del voltaje en el punto de acoplamiento de las dos topologías y estas fueran mayores a mas menos 2 V se producirá un corto circuito es por eso la importancia de regular la salida de la topología híbrida. En la Tabla 3 se presenta los valores de los componentes de la parte elevadora de la topología híbrida.

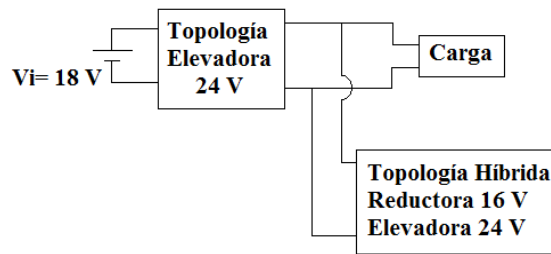


Fig. 4 Diagrama a bloques de la fuente de alimentación

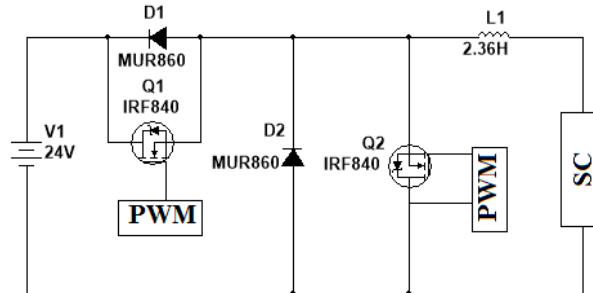


Fig. 5 Diagrama de la topología híbrida

Tabla 3. Valores de los componentes de la parte elevadora de la topología híbrida

Parámetro	Valor	Unidades
L	2.36	mH
R	220	Ω
C	560	uF
Vi	16	V
Vo	24	V

En donde:

Vi es el voltaje de alimentación de la fuente conmutada el cual se almacenará en los supercapacitores y Vo es el voltaje de salida de la fuente conmutada.

Al igual que con el controlador anterior se sustituyen los valores de los componentes de la planta Ec. 1 y se utiliza la fórmula general para ecuaciones cuadráticas quedando como en la Ec. 5 y al realizar la operación obtenemos los polos de la planta Ec. 6.

$$s = \frac{-(1.0727 \times 10^{-5}) \pm \sqrt{(-1.0727 \times 10^{-5})^2 - 4(1.3216 \times 10^{-6})(1)}}{2(1.3216 \times 10^{-6})} \tag{Ec. 5}$$

$$s = -4.0583 \pm 869.8168j \tag{Ec. 6}$$

Este controlador tiene la estructura mostrada en la Ec. 4 por lo que para sintonizarlo es necesario proponer un polo de lazo cerrado, un cero y un polo en lazo abierto, los valores propuestos que mejor resultado tuvieron se muestran en la Tabla 2. Estos son los valores y los datos de la planta son los que se introducen en el programa para que pueda realizar las operaciones necesarias.

Tabla 4. Valores propuestos del controlador 2

Polo en lazo cerrado	Cero propuesto	Polo en lazo abierto
-1+1000j	-1	-10
-1+1100j	-1	-10
-5+1000j	-1	-10
-5+1000j	-1	-20
-5+1000j	-1	-50
-5+1000j	-1	-100
-5+1900j	-1	-100

En la Fig. 6 y Fig.7 se muestran los diagramas a bloques del programa de Simulink con el que simularon los resultados obtenidos del programa desarrollado

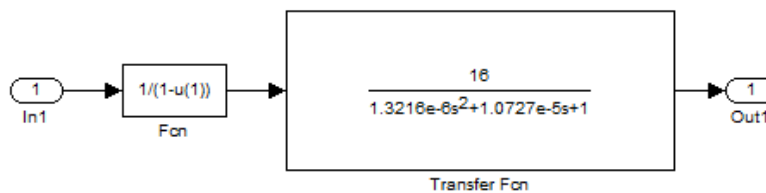


Fig. 6 Diagrama a bloques de la planta

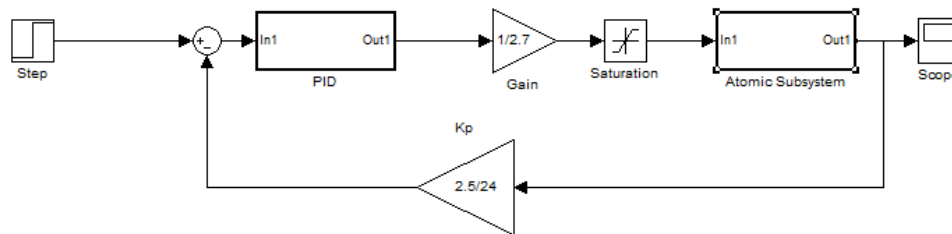


Fig. 7 Diagrama a bloques de la topología reductora-elevadora

Resultados y discusión

En las Tablas 5 y 6 se encuentran señalados con un rectángulo negro los resultados que fueron utilizados en las simulaciones, estos resultados fueron seleccionados tomando en cuenta el rango y el tiempo de asentamiento de la señal. En la Fig. 8 y 9 se observa el comportamiento de la señal el cual oscila entre los rangos mostrados en las tablas mencionadas anteriormente.

Tabla 5. Resultados con diferentes parámetros para la sintonización del controlador PID

K	S		RANGO		
	Real	Imag	Menor	Mayor	Ta
0.1251	-5	1500	22	24.9	19
0.4332	-3	2500	22.5	25.5	13
0.697	-3	3500	22.6	25.4	12
1.8079	-13	1000	21.2	26.9	8
3.9676	-10	1000	21.9	26.1	2
0.1378	-10	1500	22.8	24.2	19
0.2219	-10	2500	23.3	24.6	18

En donde:

K es la ganancia del controlador,

S es el polo propuesto en lazo cerrado con su parte real e imaginaria respectivamente,

Rango es el límite menor y mayor en el que se encuentra la señal y

Ta es el tiempo de asentamiento de la señal

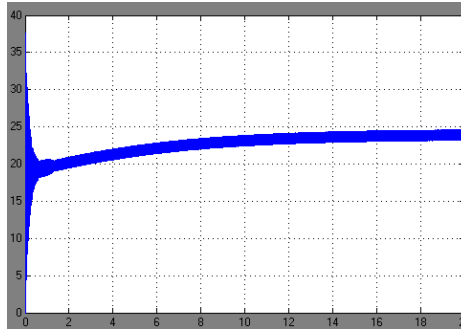


Fig. 8 Gráfica del voltaje de salida de la topología elevadora en lazo cerrado

Tabla 6. Resultados con diferentes parámetros para la sintonización del controlador PID de la parte elevadora de la topología híbrida

K	S		RANGO		Ta
	Real	Imag	Menor	Mayor	
0.234	-1	1000	23.3	24.5	17
0.119	-1	1100	22.5	23.6	19
0.0183	-5	1000	17.4	18.4	20
0.0817	-5	1000	21.5	22.5	20
0.1197	-5	1000	22.5	23.7	20
0.1324	-5	1000	22.9	23.9	20
0.3485	-5	1900	23.4	24.5	16

En donde:

K es la ganancia del controlador,

S es el polo propuesto en lazo cerrado con su parte real e imaginaria respectivamente,

Rango es el límite menor y mayor en el que se encuentra la señal y

Ta es el tiempo de asentamiento de la señal

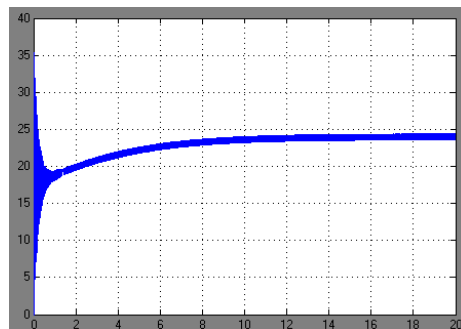


Fig. 9 Gráfica del voltaje de salida de la parte elevadora de la topología híbrida en lazo cerrado

Agradecimientos

Agradezco al Consejo de Ciencia y Tecnología por el financiamiento otorgado a través de una beca de estudios de posgrado.

Conclusiones

Después de realizar diversas pruebas para sintonizar los controladores y realizar el ajuste de los parámetros propuestos, se analizaron los datos obtenidos y se llegó a la conclusión de que los valores propuestos antes mencionados fueron los mejores, debido a que la respuesta del tiempo de asentamiento de las señales y la variación entre el límite menor y el mayor en promedio, arrojó un resultado aproximado de 24 V, el cual es el voltaje con el que se busca regular las fuentes conmutadas.

Referencias

- [1] P. Goupil. "AIRBUS state of the art and practices on FDI and FTC in flight control system" 2011 ELSEVIER. Toulouse France
- [2] A. Hamdi, "A generalized petri net-based diagnose for fault detection and isolation in complex processes". 2009 Journal of engineering sciences, Assiut University. Menoufia University, Egypt.
- [3] R. Ortega, J. Sosa, O. Carranza, V. García, "Comparison controllers for invertir operating in island mode in microgrids with linear and nonlinear loads", 2014 IEEE Latin Transactions, Vol 12 No. 8
- [4] L.F. Lozano Valencia, L. F. Rodríguez García, D. Giraldo Buitrago, "Diseño, implementación y validación de un controlador PID autosintonizado" Rev. Tecno Lógicas, No. ISSN 0123-7799, enero-junio 2012, pp. 33-53.
- [5] L. M. Laguado, H. Chamorro, and J. Soriano, "Análisis y comparación entre un controlador PI difuso y un controlador PI óptimo convencional para un convertidor reductor," Ing. e Investig., vol. 29, no. 3, pp. 61–66, 2009.
- [6] M. A. Anaya Pérez, V. H. Benitez Baltazar, J. H. Pacheco Ramírez, F. Montaña Valle "Diseño de controladores P, PI, y PID para el comportamiento dinámico de un servo-sistema hidráulico, basado en desarrollo experimental" EPISTEMUS 2014 pp. 13- 21.
- [7] K. H. Ang, G. Chong, Y. Li, "PID control system analysis, design and technology ". IEEE Transantions on control systems technology, 2005, 13(4), 559-576.
- [8] R. Piedrafita Moreno, "Evolución histórica de la ingeniería de control", diciembre 1999.

Configuración y adquisición de datos con ADS1299 aplicado en señales EEG.

V.M. López Rodríguez^{1*}, I. Herrera Aguilar¹, O. O. Sandoval Gonzales¹, G. Águila Rodríguez¹

Instituto Tecnológico de Orizaba
División De Estudios De Posgrado E Investigación
Oriente 9 #852 Col Emiliano Zapata, Orizaba, Veracruz. México
*lorv.ml@gmail.com
Área de participación: Ingeniería Electrónica

Resumen

Las señales EEG son generadas por las neuronas en la corteza cerebral, en un rango de entre los -70 a +40 microvolts. Esta señal es demasiado débil para ser procesada por un dispositivo, por lo que debe de ser amplificada. El empleo de un amplificador de instrumentación con el fin de acondicionar la señal y lograr una lectura más adecuada ha sido una tarea importante. El presente trabajo presenta la configuración de registros y obtención de datos empleando C.I. ADS1299, amplificador de instrumentación de 8 canales de lectura, con la finalidad de obtener una señal EEG.

Palabras clave: EEG, Electroencefalograma, ADS1299.

Introducción

La neurona, considerada como la unidad de estructura básica y fundamental del sistema nervioso; es capaz de transmitir información a través de impulsos eléctricos denominado impulso nervioso. El impulso eléctrico se genera cuando una neurona es estimulada, por lo que se generan cambios eléctricos dentro y fuera de ella. Los cambios eléctricos en la neurona se deben a las diferencias de concentraciones de iones de Cloro (Cl⁻) y Sodio (Na⁺) en el exterior de la neurona y de Potasio (K⁺) y proteínas con cargas negativas en el interior [1].

Un impulso nervioso también denominado como potencial de acción es una descarga eléctrica a través de la membrana celular viajando a una sola dirección iniciando en las dendritas, pasando por el cuerpo de la neurona terminando en el axón alcanzando una sinapsis y posteriormente a otra célula. El proceso de transmisión del impulso nervioso esta dado en tres fases [2]:

- Potencial de reposo
- Potencial de acción
- Período refractario

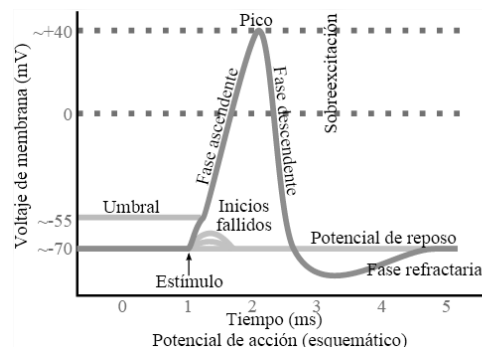


Figura 1. Vista esquemática de un potencial de acción ideal
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Potencial_accion.png

Un electroencefalograma (EEG) es la representación gráfica de las señales biométricas del cerebro. Para la adquisición de la señal biométrica se emplea el uso de electrodos y dependiendo al método de adquisición

empleado reciben distintos nombres: Electroencefalograma (EEG) empleando electrodos superficiales o basales, Electroencefalograma (ECoG) empleando electrodos en la base del cráneo y el Estéreo Electroencefalograma (E-EEG) empleando el uso de electrodos quirúrgicos [3].

Para la obtención de las lecturas EEG es necesario obtener la tensión entre dos puntos del cuero cabelludo en cada canal. A esta señal será amplificada un n número de veces mediante un amplificador para que la señal pueda ser procesada por un dispositivo de control. Las entradas del amplificador deben de mantenerse dentro de un pequeño rango de tensión en relación al nivel cero del amplificador (su masa). Esto se logra mediante la conexión de un electrodo a tierra (GND) al cuero cabelludo [4].

Circuito integrado

Las señales Biométricas cerebrales son de pequeña magnitud, en el orden de los microvolts, por tal motivo la diferencia de potencial entre los electrodos debe de ser amplificada con la finalidad de ser procesada a través de un microcontrolador. Seleccionar un amplificador para esta aplicación es un poco complejo al tener una gran variedad al igual que diferentes fabricantes, por lo que para la selección idónea se basa en la comparación de características entre distintos dispositivos que darán como resultado a una mejor adquisición de datos en las señales EEG [5]. Los criterios empleados fueron los siguientes [6]:

- Resolución ADC
- Voltaje de operación bajo
- Número de Canales
- Sensibilidad a ruido
- Rango de frecuencia de trabajo
- Tipo de Comunicación
- Rechazo al modo común
- Empaquetado

El ADS1299 permite la creación de sistemas de instrumentación medicas escalables en tamaño y coste. Gracias a sus 8 PGAs en cada canal de muestreo simultanea contando con una muy baja referencia al ruido de entrada de 1 uVpp a comparación de otro dispositivo con esta misma función [7].

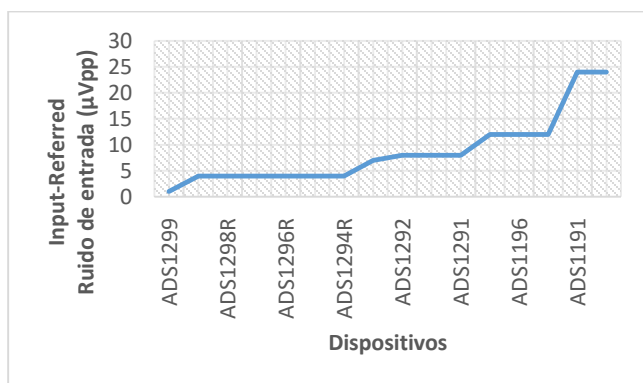


Figura 2. Comparación de Ruido de entrada.

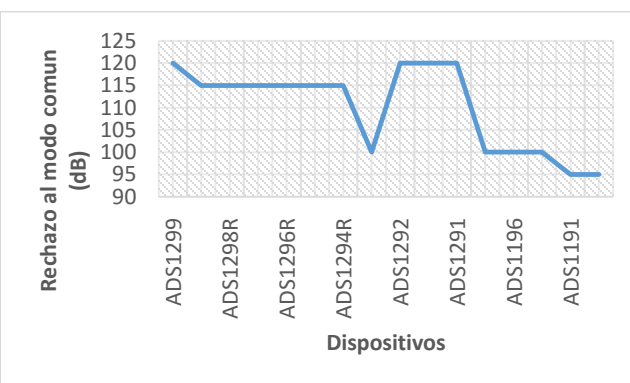


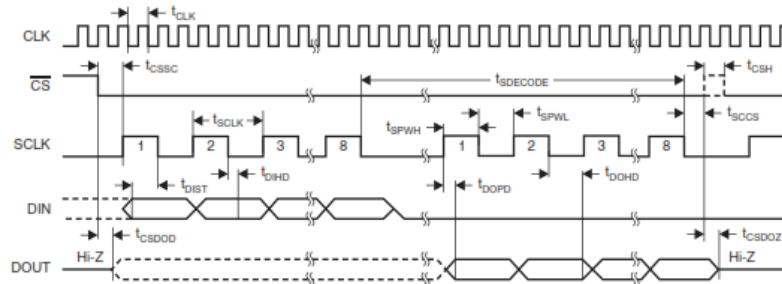
Figura 3. Comparación rechazo al modo común.

Comunicación y configuración

La transmisión de datos se realiza en serie (SPI), es decir un bit después de otro, contando con cuatro señales: CS, SCLK, DIN y DOUT controlando los datos, lee y escriben los registros así como las funciones del ADS1299. La Salida DRDY solo es empleada como una señal de cambio de estado en alto para indicar que los datos están listos y un cambio a nivel bajo para indicar que hay nuevos datos en el bus.

CS selecciona el dispositivo para establecer la comunicación. Se mantiene en estado bajo en lo que dura la comunicación. Cuando cambia de estado a alto, restablece toda la interfaz serial, ignorando en este caso a SCLK y DIN. SCLK pulso de sincronización.

El pin de salida de datos (DOUT) se emplea junto con el pin SCLK para establecer y leer la conversación, registrando los datos enviados al ADS1299 [8].



NOTE: SPI settings are CPOL = 0 and CPHA = 1.

Figura 4. Características de tiempos del ADS1299 en el protocolo ISP

Los comandos de código de operación, que se resumen en la Tabla 1, el control y configurar el funcionamiento del dispositivo. Los comandos de código de operación son independientes, a excepción del registro de lectura y escritura operaciones que requieren un segundo byte de comando más datos.

Tabla 1. Comandos Definidos mediante SPI.

COMMAND	DESCRIPTION	FIRST BYTE	SECOND BYTE
System Commands			
WAKEUP	Wake-up from standby mode	0000 0010 (02h)	
STANDBY	Enter standby mode	0000 0100 (04h)	
RESET	Reset the device	0000 0110 (06h)	
START	Start and restart (synchronize) conversions	0000 1000 (08h)	
STOP	Stop conversion	0000 1010 (0Ah)	
Data Read Commands			
RDATAC	Enable Read Data Continuous mode. This mode is the default mode at power-up. ⁽¹⁾	0001 0000 (10h)	
SDATAC	Stop Read Data Continuously mode	0001 0001 (11h)	
RDATA	Read data by command; supports multiple read back.	0001 0010 (12h)	
Register Read Commands			
RREG	Read <i>n</i> <i>nnnn</i> registers starting at address <i>r rrr</i>	001 <i>r rrr</i> (2xh) ⁽²⁾	000 <i>n nnnn</i> ⁽²⁾
WREG	Write <i>n</i> <i>nnnn</i> registers starting at address <i>r rrr</i>	010 <i>r rrr</i> (4xh) ⁽²⁾	000 <i>n nnnn</i> ⁽²⁾

Para establecer la comunicación se hace el uso de un microcontrolador que posea como requisitos mínimos memoria de 32kb, 2kb en RAM, CPU a 8bits, interfaz ISP y un puerto digital. La configuración básica así como la secuencia de la escritura de registros se muestran en la figura 4.

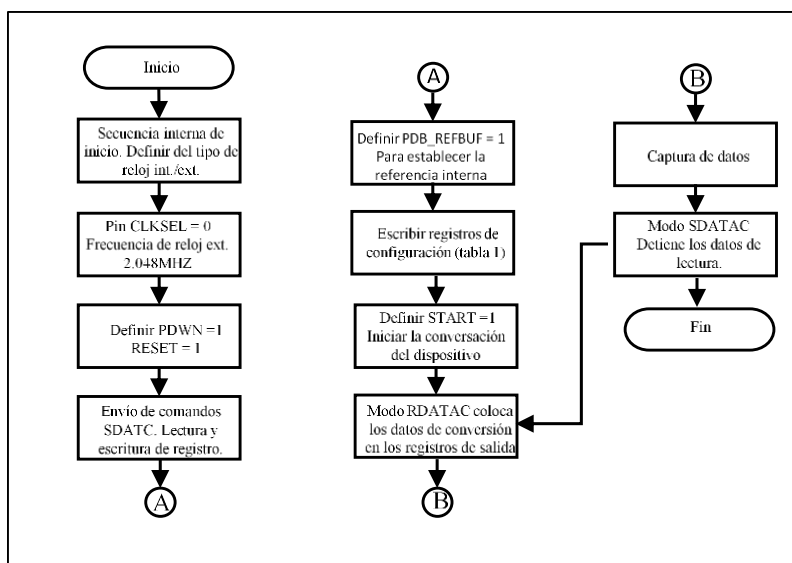


Figura 5. Diagrama de flujo con las instrucciones y secuencia básica para la adquisición de datos.

Posicionamiento de electrodos

Para la obtención de una buena señal EEG es indispensable de colocar el electrodo en lugar correcto. El esquema estándar de la nomenclatura y posicionamiento para aplicaciones de EEG se denomina sistema 10-20 [10]. Se basa en la subdivisión iterativa por medio de arcos en el cuero cabelludo a partir de puntos de referencia craneométricos [11]. Para la obtención de una excelente señal se requiere electrodos de un buen material conductor. En el mercado existen diferentes materiales en la fabricación de los electrodos. Se debe de considerar evitar el empleo de electrodos de diferentes materiales, ya que puede existir una descompensación de la tensión continua entre la diferencia de potencial de los electrodos. La descompensación se deberá principalmente a los potenciales electroquímicos en materiales empleados.

Resultados y discusión

Al establecer la comunicación del ADS1299 con el microcontrolador, se escriben los registros al dispositivo obteniendo los valores devueltos en cada registro. La asignación de los valores almacenados en los registros solo se mandan a escribir una sola vez, al menos que sea necesario para otra aplicación. A continuación se muestran los registros escritos en el ADS1299.

```

ID, 0X00, 0X3E, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0
CONFIG1, 0X01, 0X96, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0
CONFIG2, 0X02, 0XC0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0
CONFIG3, 0X03, 0XEC, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0
CANAL1_SET 0X05, 0X68, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0
CANAL2_SET 0X06, 0X68, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0
CANAL3_SET 0X07, 0X68, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0
CANAL4_SET 0X08, 0X68, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0
CANAL5_SET 0X09, 0X68, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0
CANAL6_SET 0X0A, 0X68, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0
CANAL7_SET 0X0B, 0X68, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0
CANAL8_SET 0X0C, 0X68, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0
BIAS_SENSP 0X0D, 0XFF, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1
BIAS_SENSN 0X0E, 0XFF, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1
GPIO, 0X14, 0X6F, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1
    
```

Al establecer la captura de datos, se puede asignar la captura en los 8 canales. Los valores de salida están expresados en micro volts. Los resultados obtenidos fueron obtenidos con electrodos aplicados a ECG (electrocardiograma) por lo que se muestra en ruido en la salida de los datos. A partir de este punto se puede programar filtros digitales con la finalidad de eliminar este ruido. A continuación se muestra los valores de salida de 8 canales.

Tabla 2. Datos adquiridos por el ADS99 a través de un microcontrolador mediante comunicación serial.

No.Lect	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
1	-5.762	0.586	1.855	8.887	8.496	-6.055	12.598	3.027
2	-10.254	-16.992	-9.082	-2.344	10.254	-7.52	13.867	0.195
3	-16.309	-25.293	-12.695	-8.496	2.051	-3.223	0.586	-13.477
4	-34.082	-38.184	-36.133	-24.512	-9.961	2.832	-16.992	-30.859
5	-35.156	-37.988	-30.371	-24.121	-18.066	16.406	-23.926	-36.328
6	-38.477	-34.18	-58.105	-18.848	-28.516	30.762	-18.75	-25.977
7	-29.883	-16.406	-50.293	-11.133	-27.344	30.664	-21.582	-27.246
8	-34.375	-16.113	-39.551	-13.574	-24.707	18.848	-21.191	-26.074
9	-30.957	-21.68	-35.059	-19.336	-3.32	-4.199	-11.328	-25.293
10	-20.313	-15.332	-39.258	-7.91	16.211	-16.797	-1.758	-17.871

Tabla 2. Continuación. Datos adquiridos por el ADS99 a través de un microcontrolador mediante comunicación serial.

11	-20.508	-10.84	-50.781	-1.953	19.434	-16.602	-1.465	-8.301
12	-18.262	-21.582	-8.496	-8.789	18.652	-16.895	7.031	-9.766
13	-11.621	-21.289	3.223	-5.957	-0.684	-1.562	9.57	-4.688
14	-27.539	-27.637	-31.836	-17.969	-12.305	7.129	-7.813	-23.145
15	-42.969	-41.113	-50.586	-29.102	-12.012	9.375	-18.066	-45.508
16	-30.859	-26.953	-36.816	-17.09	-22.559	26.074	-19.629	-37.988
17	-20.215	-1.074	-27.051	-4.297	-26.563	28.32	-18.457	-32.129
18	-19.727	-3.613	-19.238	-8.398	-20.605	17.285	-17.187	-32.129
19	-8.008	-5.371	8.887	-9.473	-8.105	-0.098	-1.562	-25.684
20	-0.391	4.688	11.328	0.977	7.227	-9.375	7.227	-14.258
21	2.246	10.84	-4.102	6.641	16.602	-13.77	13.379	-8.496
22	-5.762	-5.371	-18.555	0.781	19.629	-15.527	14.648	-13.477
23	-6.641	-10.742	3.125	-0.879	3.125	-3.32	9.277	-13.281
24	-26.855	-22.07	-40.723	-11.035	-9.863	4.492	-10.937	-27.832
25	-39.16	-36.816	-47.07	-24.121	-11.914	8.887	-25.098	-44.043
26	-25	-27.93	-7.324	-18.359	-22.656	25.586	-15.82	-34.375
27	-25.195	-7.813	-48.535	-4.297	-29.883	30.957	-9.473	-23.73
28	-29.492	-5.859	-52.734	-0.684	-26.758	22.363	-13.867	-26.465
29	-19.824	-10.84	-30.762	-12.109	-7.91	0.781	-4.395	-22.266
30	-12.207	-0.195	-30.078	-3.223	7.422	-10.059	9.082	-8.789
31	-14.551	-23.926	-20.215	-2.441	-8.887	11.426	9.57	3.027
32	-19.434	-19.434	-22.949	-10.937	-0.293	-2.93	7.324	-4.102
33	2.734	-8.008	6.25	1.758	4.883	-12.695	30.176	4.004
34	17.578	1.172	26.66	11.914	16.309	-21.68	42.871	16.406
35	20.02	4.883	23.34	15.039	31.738	-31.445	45.41	23.73

En las figuras 6 a 8 se muestra las gráficas de señales EEG obtenido con el ADS1299.

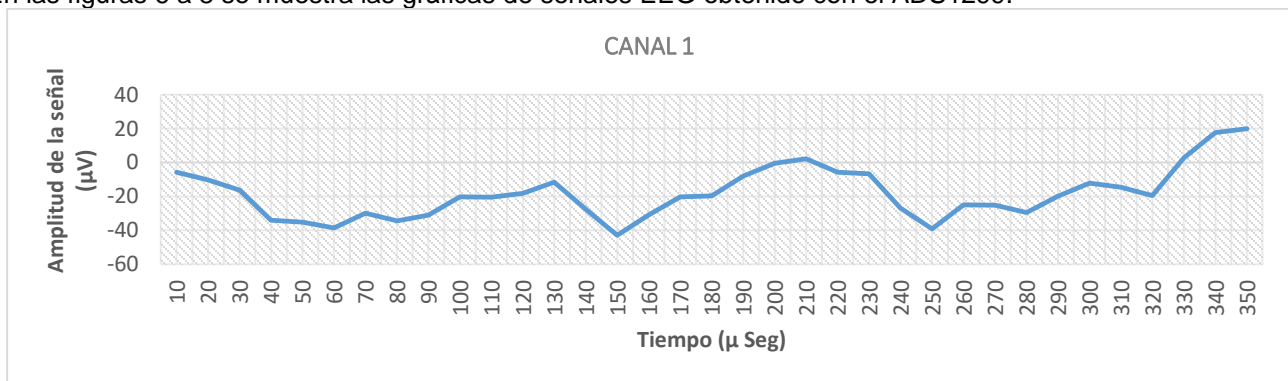


Figura 6. Señal EEG en canal 1.

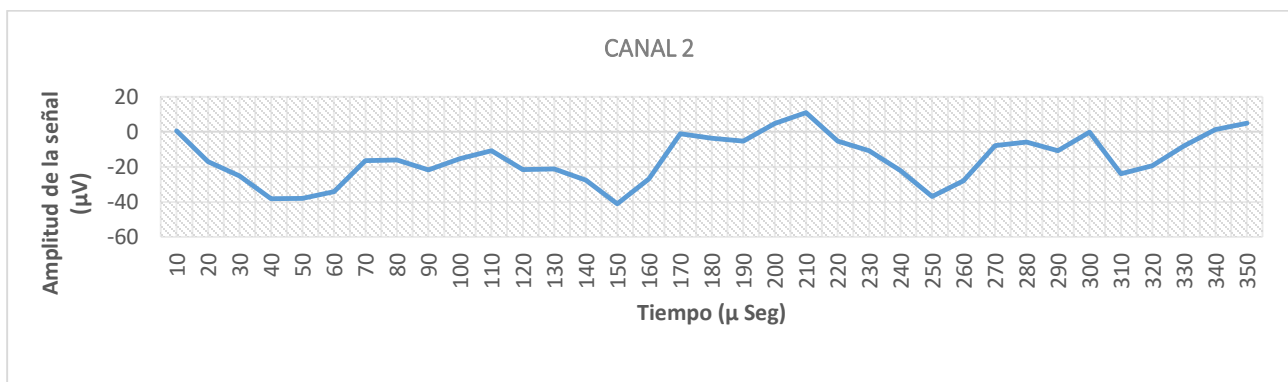


Figura 7. Señal EEG en canal 2.

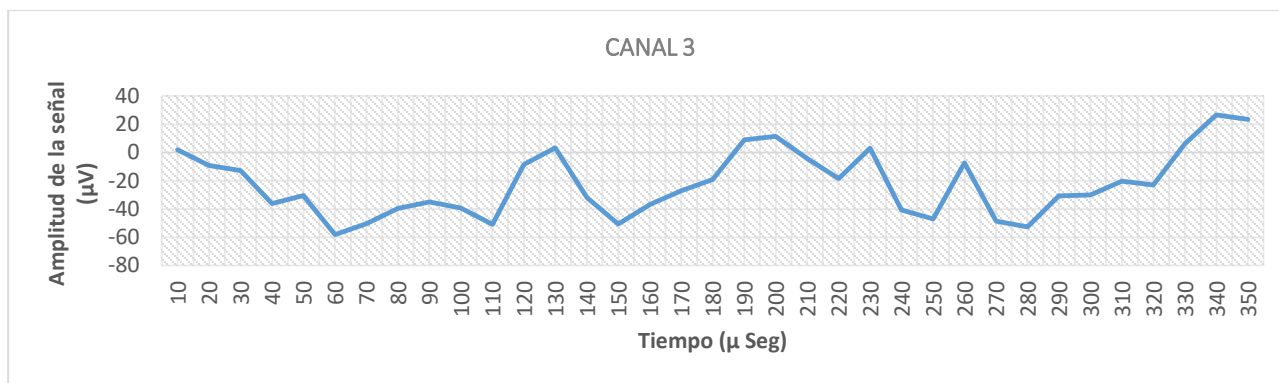


Figura 8. Señal EEG en canal 3.

Trabajo a futuro

Este trabajo deja abiertas posibilidades en aplicaciones medicas tales como coadyuvar al diagnóstico de enfermedades cerebrales, teniendo la posibilidad de almacenamiento de las señales EEG para su posterior análisis, así como el de crear interfaces cerebro-computadora (BCI) esto al obtener señales EEG asociadas con la actividad motora que oscila entre los 8 a 12 Hz.

Conclusiones

Se obtuvieron las lecturas deseadas, aun no se han hecho una comparación para validar las respuestas, al tener un dispositivo capaz de comunicarse por interfaz a mas de un integrado ADS1299, con lo que la red de sensores aumentaría. Para obtener un historial de las señales EEG se ha considerado almacenarlos es una memoria del almacenamiento externo para su posterior análisis.

Referencias

- [1] Ernesto Bustamante Zuleta. (Noviembre 2007). El sistema nervioso: desde las neuronas hasta el cerebro humano. Editorial Universidad de Antioquia. Primera Edición, pp 50-74.
- [2] Bryan Kolb, Ian Q. Wishaw. (Noviembre 2007). Neuropsicología Humana. Editorial Médica Panamericana. Primera Edición, pp 84-92.
- [3] Franke, K., Müller, K.-R., Nickolay, B., Schäfer, R. (Enero 2006). Classifying Event-Related Desynchronization In Eeg, Ecog And Meg Signals. Lecture Notes in Computer Science Vol.4174, pp 404-413.
- [4] Ramón pallas Areny. (Enero 2004). Sensores y acondicionadores. Marcombo.
- [5] A. James Rowan, Eugene Tolunsky. (Enero 2003). Conceptos básicos sobre EEG: con mini atlas. Elsevier Science, pp 1-28.
- [6] Jagoba Arias Pérez. (Enero 2003). Electrónica digital. Delta Publicaciones, pp 130-135.
- [7] Texas Instrument, Analog Signal Chain Guide. (2013), Texas Instruments Incorporated.

- [8] Texas Instrument , datasheet ADS1299Low-Noise, 8-Channel, 24-Bit Analog Front-End for Biopotential Measurements (2012). Texas Instruments Incorporated.
- [9] Protocolos De Práctica Asistencial. Indicaciones de la electroencefalografía. Sección de Neurología. Hospital Universitario Príncipe de Asturias. Alcalá de Henares. Madrid.pp. 4851-4853.
- [10] 10/20 System Positioning Manual. Trans Cranial Technologies ldt. Hong Kong 2012, pp. 01-15. Available:http://www.transcranial.com/local/manuals/10_20_pos_man_v1_0_pdf.pdf
- [11] National Medical. Video EEG, Policy Number: NMP78. (November 2003). Pp.2-20.
- [12] Prof. Deepa.T.P., Prof. Vandana Reddy. (Diciembre 2013). EEG Based Drowsiness Detection Using Mobile Device for Intelligent Vehicular System. [Online] vol. 6 num. 1 pp. 21-24. ISSN:2231-5381 Available: <http://www.ijettjournal.org/archive/ijett-v6n1p105>
- [13] Naveen Verma, Jose Bohorquez, Joel Dawson, John Gutttag, and Anantha P. Chandrakasan. (Abril 2010). A Micro-Power EEG Acquisition SoC With Integrated Feature Extraction Processor for a Chronic Seizure Detection System. Solid-State Circuits, IEEE Journal of, vol.45, no.4, pp.804, 816. Doi: 10.1109/JSSC.2010.2042245 Available: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5437484&isnumber=5437471>
- [14] Yu M. Chi, Stephen R. Deiss and Gert Cauwenberghs. (Junio 2009). Non-contact Low Power EEG/ECG Electrode for High Density Wearable Biopotential Sensor Networks. Wearable and Implantable Body Sensor Networks, 2009. BSN 2009. Sixth International Workshop on, vol., no., pp.246, 250, 3-5. Doi: 10.1109/BSN.2009.52. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5226885&isnumber=5226857>

Estrategias de control, para regular la velocidad de una banda transportadora.

Ulises Cruz Aguirre^{1*}, Albino Martínez Sibaja, Rubén Posada Gómez, Blanca Estela González Sánchez, Mario Alberto García Martínez.

¹Instituto Tecnológico de México Campus Orizaba, DEPI, Orizaba, Veracruz México, Oriente 9 No. 852, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Ver., México

Área de participación: Ingeniería Electrónica

Resumen

Las bandas transportadoras son uno de los sistemas electromecánicos más utilizados en las industrias, es por ello su importancia en las industrias. Y cuyos sistemas de control tienden a ser muy diversos, a la fecha no existe un estudio que establezca una comparación entre las estrategias de control, el presente artículo presenta un análisis de criterios de error para establecer cuál es el mejor sistema de control entre el PI, Fuzzy y un sistema de control poco utilizado el acotado positivo.

Palabras clave: Banda transportadora, control, criterios de error.

Abstract

The conveyor belts are one of the most electromechanical systems used in the industries, which is why its importance in industries. And whose control systems tend to be very different, to date there is no study that establishes a comparison between the control strategies, the present article presents an analysis of error criteria to establish what is the best control system between the PI Fuzzy control system and the positive bounded underutilized.

Introducción

Las bandas transportadoras han sido utilizadas en la industria prácticamente desde el inicio de la revolución industrial, de las primeras aplicaciones que se tiene registrada estuvo aplicada a la industria minera desde aproximadamente el año de 1795 y parte fundamental de las primeras cadenas de montaje como la de Henry Ford en 1920 [1], en la actualidad las bandas transportadora han pasado a ser parte fundamental en la mayoría de la industrias. Existe una amplia variedad de bandas transportadoras que se pueden clasificar en dos grandes grupos, banda continua y banda de paletas metálicas, todas ellas están construidas en diferentes materiales según la aplicación y ambientes a los que estén sometidas.

En su mayoría las bandas transportadoras tienen una construcción básica muy similar y cuyo sistema de tracción tiende a ser por medio de motores eléctricos de corriente alterna, esto debido a que son sistemas electromecánicos. Donde controlar la velocidad se vuelve un problema ya que una vez establecida la velocidad esta tiende a cambiar de valor, debido a que al ser un sistema mecánico tiende presentar problemas en lo que se refiere a la fricción generada entre banda, guías y rodamientos, así como también al desgaste gradual de los rodamiento que constituyen el sistema mecánico modifican la velocidad de la banda transportadora ya que estos se convierten en una carga para el sistema de control para la banda transportadora. El uso de motores de corriente alterna es muy común en la industria debido a las ventajas que se tiene tales como costos y facilidad de mantenimiento y reparación [2].

Como cualquier sistema las bandas transportadoras tienden a presentar problemas. Estos se en la parte mecánica, en rodamientos así también el motor presenta problemas de índole eléctrica y mecánica. Muchas de las bandas cuentan también con un sistema reductor que incrementa el par y reduce la velocidad de la banda transportadora. Todas las los problemas anteriormente descritos tienden a reducir la velocidad de la banda. Ahora bien la descrita adra ahora solo refiere a una banda transportadora sin carga, el efecto de una carga en la banda transportadora tiende afectar aún más la velocidad de dicha banda. Así mismo cuando la banda transportadora está en funcionamiento.

Sobre dicha banda se desplazan cargas que varían en forma, peso y tamaño, esto tiende a afectar la velocidad de forma no lineal. Por otro parte cuando los sistemas son bandas transportadoras de paletas metálicas, el sistema se vuelve a un más caótico, debido a que la banda está constituida por secciones que forman un lazo discontinuo de la banda, ello afecta la velocidad. Además si agregamos una carga sobre la banda que no tiende a ser continua afectara de gran manera el sistema.

Para controlar la velocidad de la banda transportadora de paletas metálicas existen diversa estrategias de control entra la que podemos destacar el control PI [3][4], el control Difuso [5] [4] y algunos no tan populares como el control acotado positivo [6].

En el país la industria cañera es un sector muy importante, investigaciones realizadas por el BANXICO (Banco de México) en el año 2011 arrojaron como resultados que la aportación de la industria azucarera (ramo de la alimentación) a la economía del país fue en un valor de 2,4% del PIB del país [7] . Así como las demás industrias la azucarera utiliza bandas transportadoras,

Metodología

Materiales

Con el fin de realizar pruebas en un sistema lo más acorde a un sistema real de conductor de caña se procedió a utilizar una banda de paletas metálicas a escala de laboratorio, con todas las características similares al del conductor de caña. Dicha banda transportadora tiene un motor de corriente alterna de 2 HP, con un reductor que permitió aumentar el par y reducir la velocidad, con el fin de controlar la velocidad se utilizó un variador de frecuencia de la marca Automation Direct con su respectivo módulo de comunicación para comunicar con el ordenador. También se utilizó un sensor con el fin de monitorear la velocidad de la banda transportadora.



Figura 1. Banda transportadora de paletas con los aditamentos para simular cargas.

Acondicionamiento de banda transportadora

Se procedió a diseñar y colocar un motor de corriente alterna a la banda a escala de laboratorio con su respectivo reductor de velocidad, así también se colocó un sensor de velocidad sobre el eje del motor.

Estrategia de control PI.

Por medio del entorno de Simulink del programa de MATLAB®, se procedió a realizar la estrategia para el control de velocidad de la banda transportadora. Para ello fue necesario utilizar los bloques de comunicación con el fin de controlar y monitorizar las variables. Uno de los bloques utilizados fue el de UDP que sirve para recibir la velocidad del motor de inducción que mueve a la banda transportadora. Otro bloque usado fue el de la comunicación de OPC, entre los bloques empleados está el de configuración, el bloque de lectura, el de envío de datos para el control de velocidad y de arranque del motor.

Una vez dispuestos todos estos bloques, se agregaron bloques de display para mostrar las variables, bloques de ganancia para ajustar los valores recibidos, puntos de suma, multiplexores, demultiplexores, los bloques necesarios para el análisis de error y por supuesto un bloque PID, para realizar el control PI. Con todos ellos se implementó un lazo de control cerrado tipo PI.

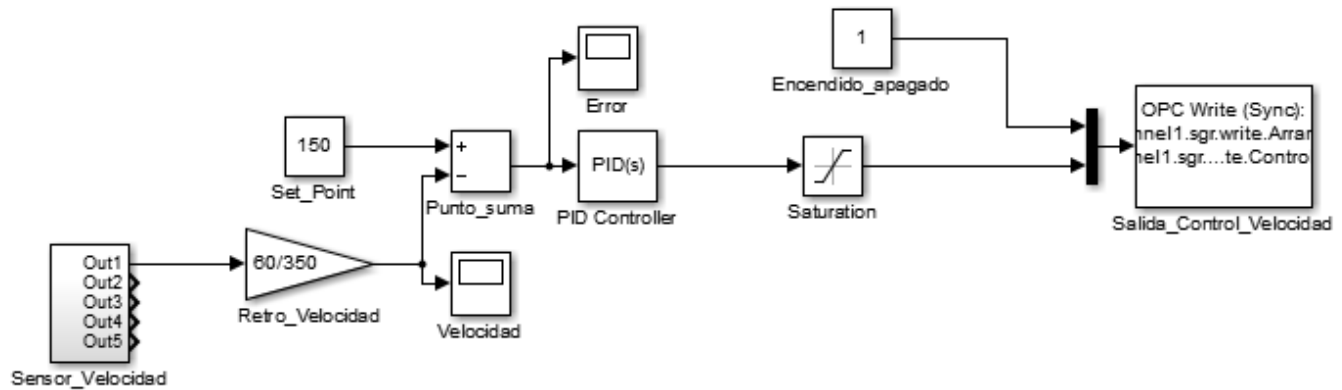


Figura 2. Lazo de control PI en MATLAB.

Estrategia de control PI Difuso.

Para poder implementar esta estrategia fue necesario antes que nada crear un archivo con extensión .fis, en el cual quedaron establecidas las entradas difusas, es decir el número de entradas que tiene el control difuso, el rango de valores entre los cuales se establecerán las reglas del control. El número de salidas y los valores que adquirirá a la salida en función de las entradas.

Antes de realizar cualquier estrategia de control en el ambiente de trabajo de Simulink, es necesario configurar el número de entrada, las salidas así como también la manera en que estas se relacionaran. Es decir las reglas difusas, que establecen el valor a la salida en función de las entradas. Para esto en primer lugar se abrió el entorno del programa de MATLAB y se tecleó la palabra Fuzzy, con lo cual se abrió una ventana en la que se realizara la configuración de entradas y salidas.

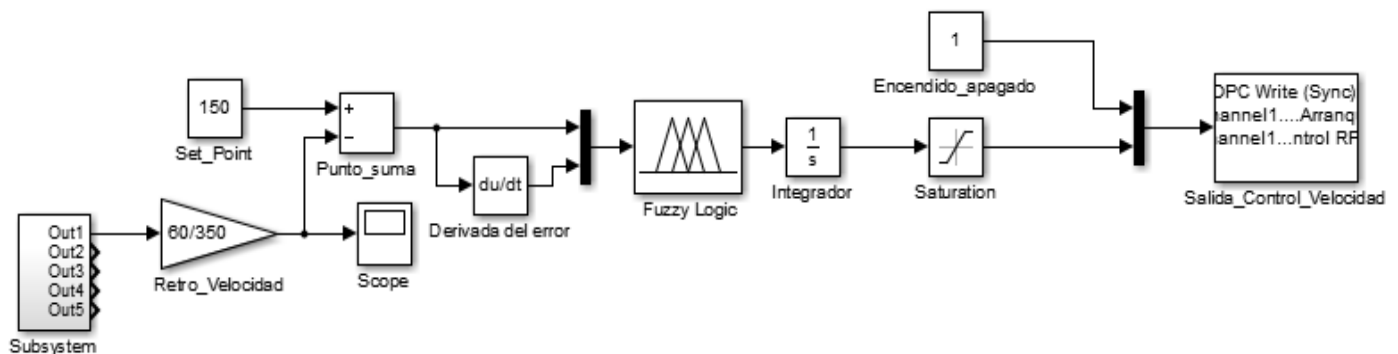


Figura 3. Estrategia de control de lógica difusa en Simulink en lazo cerrado

Estrategia de control acotado positivo

Para el caso de control acotado positivo se tuvo que realizar una serie de modificaciones. Entre ellas dividir el valor de las entradas de tal modo que dentro del bloque solo se realizaran operaciones con números de valor numérico inferior a 10, esto debido a que en las pruebas con la banda transportadora, fue con las que mejor desempeño tuvo y que el valor de la salida se ajustara de igual forma.

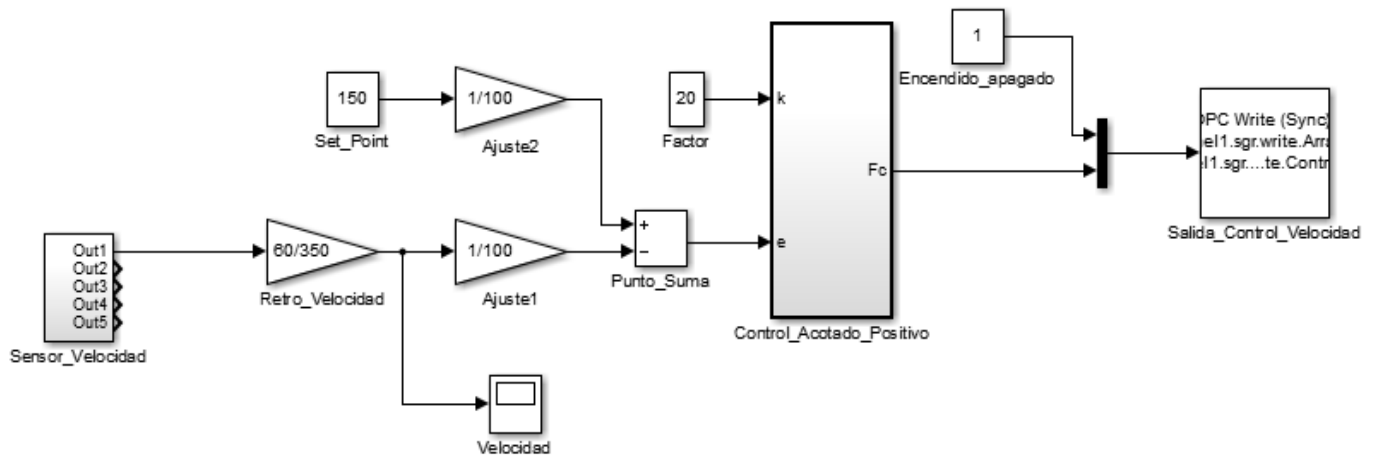


Figura 4. Estrategia de control acotado positivo en Simulink en lazo cerrado.

Resultados experimentales

Con el fin de obtener datos, para poder aplicar un análisis de criterio de error se realizaron una serie de corridas con las estrategias de control PI, Fuzzy y acotado positivo. En cada caso se corrió la simulación durante 60 segundos en el entorno de Simulink de MATLAB®. Se tomaron diez muestras de las cuales se realizó el promedio de cada uno de ellos y un análisis estadístico de desviación estándar.

Pruebas realizadas sin carga en la banda transportadora.

Criterio de la integral del error.

CIE PI	CIE FL	CIE AP
187.8	152.4	48.7
187.9	214.5	48.1
101.5	202.8	44.8
188.1	216	47.1
188.1	195.8	49.9
190.6	179.4	48.9
188.3	159.1	50.3
188.8	208.8	53.3
189.9	146.7	53.1
188.9	138.6	49
Promedio	Promedio	Promedio
179.99	181.41	49.32
SD	SD	SD
27.59353588	29.97604414	2.558992857

Tabla 1. Muestras del criterio de la integral de error.

Criterio de la integral del valor absoluto del error.

CIA PI	CIA FL	CIA AP
271.8	223.5	98.1
297.3	262.6	124.2
271.8	283.2	133.35
273.1	284.2	102.4
271.8	298.4	106.7
270.3	268.2	236
273.8	259.1	191.3
273.3	264	150.2
273.6	230.4	136.9
276	242.3	164.8
Promedio	Promedio	Promedio
275.28	261.59	144.395
SD	SD	SD
7.889627508	24.00386312	43.40422694

Tabla 2. Muestras del criterio de la integral del valor absoluto.

Criterio de la integral del cuadrado del error.		
CIEC PI	CIEC FL	CIEC AP
10373.6	4445.1	1781.6
9743.19	9792.6	6956.3
10825.5	11525.4	8021.2
10870.4	12241.62	855.22
9782.5	12988.322	5419.7
10439.2	10099.5	6596
9043.1	6473.5	9240
10311	10789.8	1417
11080.1	4724	1441.5
10701.4	5190.9	2214.9
Promedio	Promedio	Promedio
10316.999	8827.0742	4394.342
SD	SD	SD
628.1233563	3290.688185	3175.993286

Tabla 3. Muestras del criterio de la integral del cuadrado del error.

Pruebas realizadas con carga en la banda transportadora.

Criterio de la integral del error.		
CIE PI	CIE FL	CIE AP
185.333	142.811	38.728
184.374	126.503	38.656
185.419	142.503	37.737
185.061	148.262	38.102
184.543	164.28	38.017
184.438	131.177	38.885
184.271	153.227	38.852
184.955	210.744	39.655
185.22	178.604	39.069
183.229	130.711	47.439
Promedio	Promedio	Promedio
184.6843	152.8822	39.514
SD	SD	SD
0.660671552	49.95806475	2.840263251

Tabla 4. Muestras del criterio de la integral de error con carga.

Criterio de la integral del valor absoluto del error.

CIA PI	CIA FL	CIA AP
271.8	223.5	98.1
297.3	262.6	124.2
271.8	283.2	133.35
273.1	284.2	102.4
271.8	298.4	106.7
270.3	268.2	236
273.8	259.1	191.3
273.3	264	150.2
273.6	230.4	136.9
276	242.3	164.8
Promedio	Promedio	Promedio
275.28	261.59	144.395
SD	SD	SD
7.889627508	24.00386312	43.40422694

Tabla 5. Muestras del criterio de la integral del valor absoluto con carga.

Criterio de la integral del cuadrado del error.

CIEC PI	CIEC FL	CIEC AP
11191.948	9902.089	6829.336
9319.558	8108.11	5426.318
9326.233	6993.292	7808.213
9568.189	8258.553	5528.673
12488.747	9136.996	7348.449
12050.7	8053.711	7353.758
11038.462	10180.367	5038.768
11861.381	9804.804	5500.074
10999.569	11157.467	7266.024
10696.328	8628.464	6880.362
Promedio	Promedio	Promedio
10854.1115	9022.3853	6497.9975
SD	SD	SD
1138.004348	1244.041413	1012.773965

Tabla 6. Muestras del criterio de la integral del cuadrado del error.

Resultados y discusión

Criterios de error aplicados a las estrategias de control.

A partir de la tabla de muestras obtenidas de las estrategias de control PI, Fuzzy y acotado positivo, se obtuvo el siguiente gráfico en el cual se observa el promedio de todas las muestras marcadas con un punto de color verde y su respectiva desviación estándar marcando con una línea negra el máximo y mínimo valor.

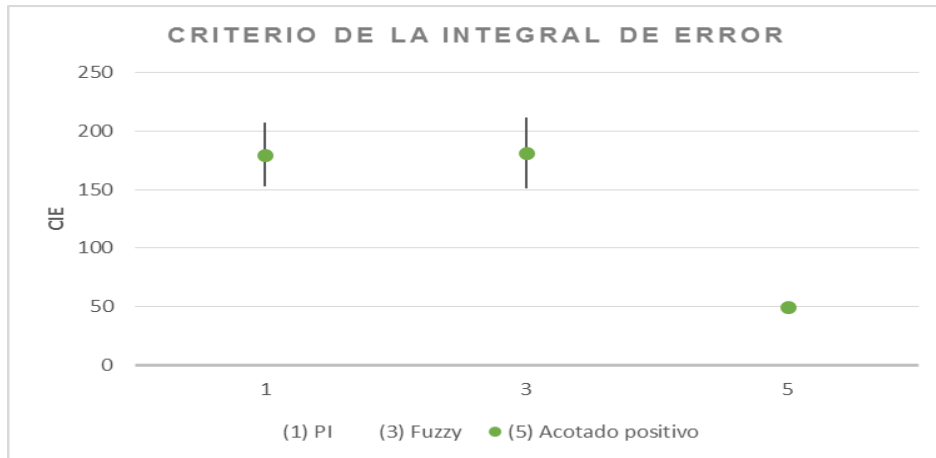


Figura 5. Criterio de la integral del error sin carga.

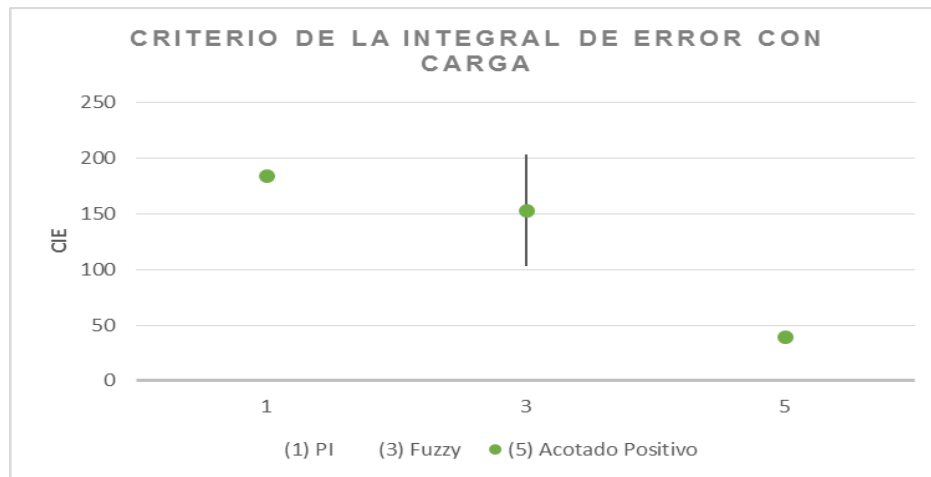


Figura 6. Criterio de la integral del error con carga.

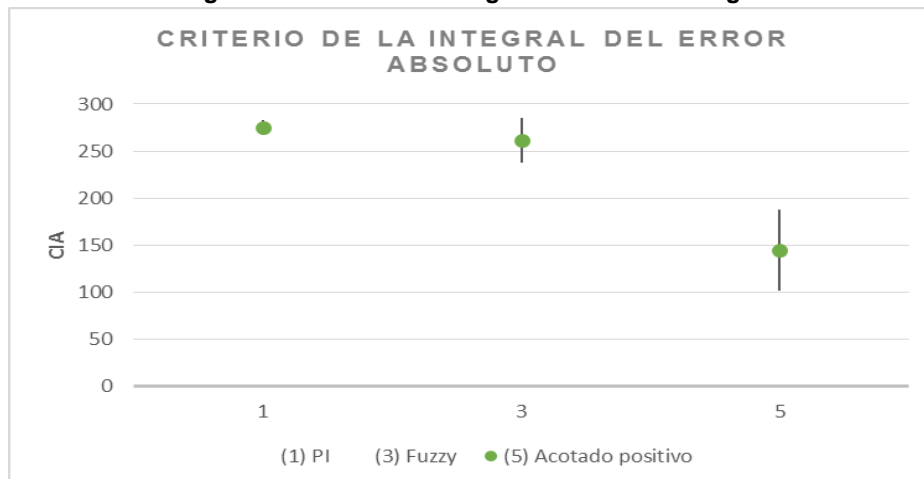


Figura 7. Criterio de la integral del valor absoluto.

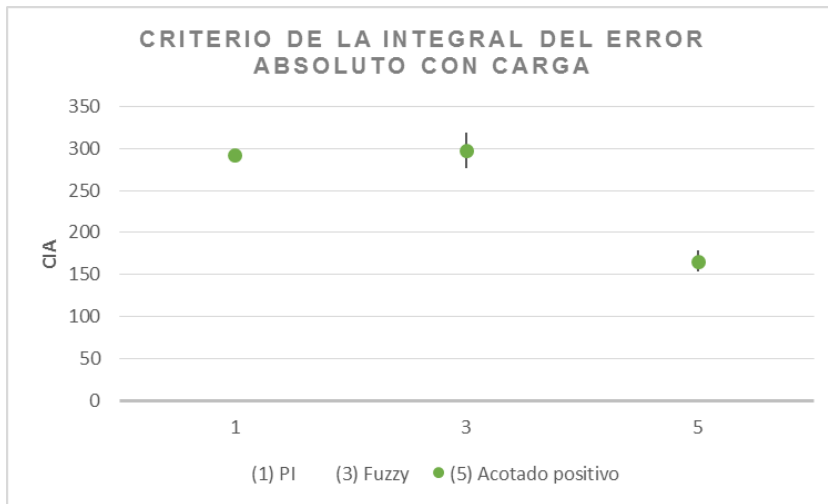


Figura 8. Criterio de la integral del valor absoluto con carga.

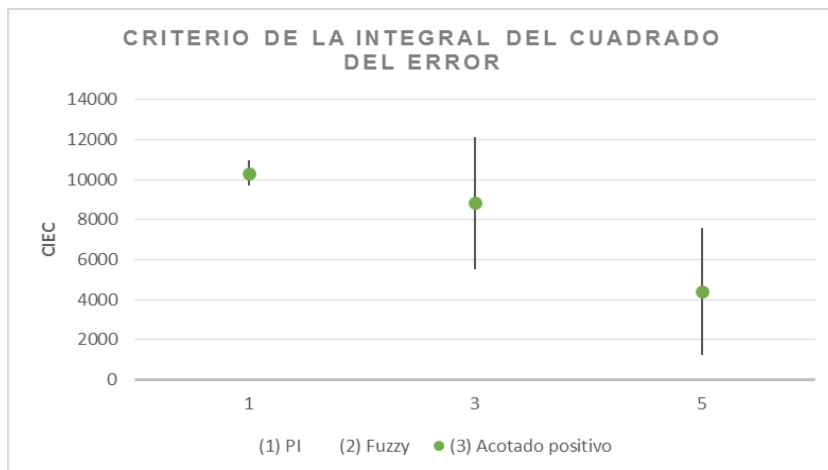


Figura 9. Criterio de la integral del valor absoluto.

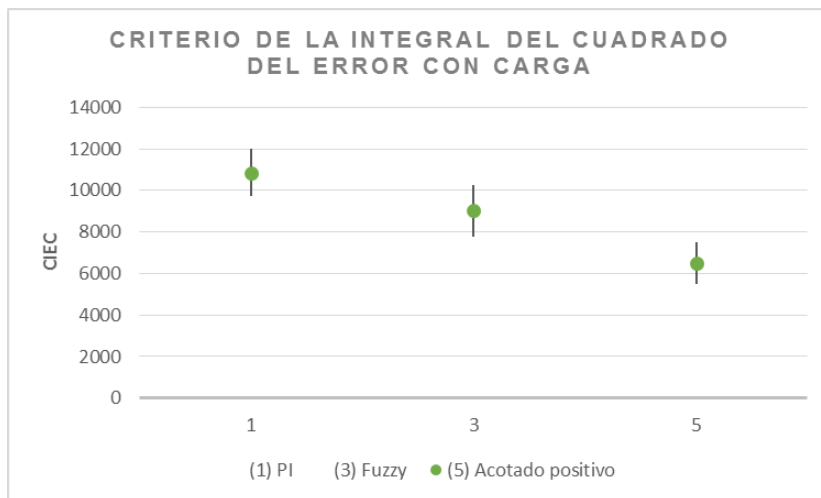


Figura 10. Criterio de la integral del valor absoluto con carga.

Respuesta en velocidad de los sistemas de control aplicado.

Se obtuvo una serie de graficas de la respuesta en velocidad de las estrategias de control aplicadas para el control PI, Fuzzy y acotado positivo. Dichas pruebas se realizaron en un lapso de tiempo igual a 330 segundos, ello contando con un cronometro a la mano, dado que el tiempo que se obtiene en Simulink de MATLAB© tiende a variar, ya que depende de la computadora, así como de la estrategia de control implementada. Ahora bien las pruebas experimentales se llevaron de la siguiente manera, una vez encendido el sistema se arrancaba el cronometro, al minuto se aplicaba una carga equivalente a 6 Kilogramos, a los dos minutos se aplicaba otra carga equivalente a 6 Kilogramos, a los tres minutos se quitaba una de las cargas colocadas con anterioridad, a los cuatro minutos se retiraba la última carga colocada, la última fase consistía en dejar los últimos 90 segundos operando para observar su comportamiento.

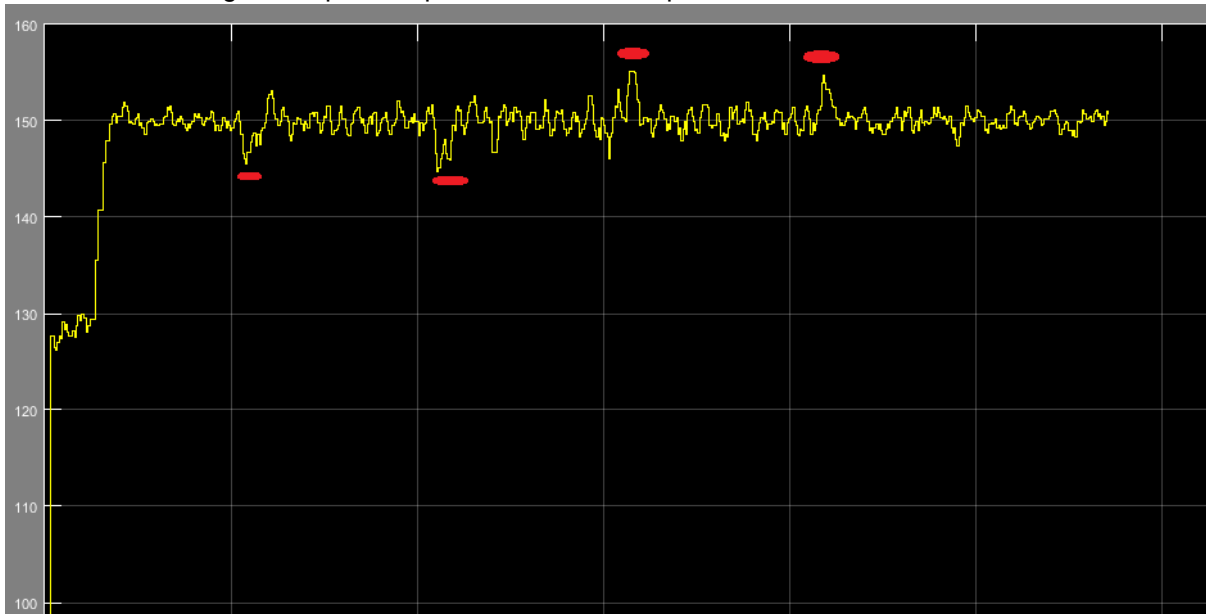


Figura 11. Estrategia de control PI en rojo se destaca el momento en que se agregan o retiraron cargas.

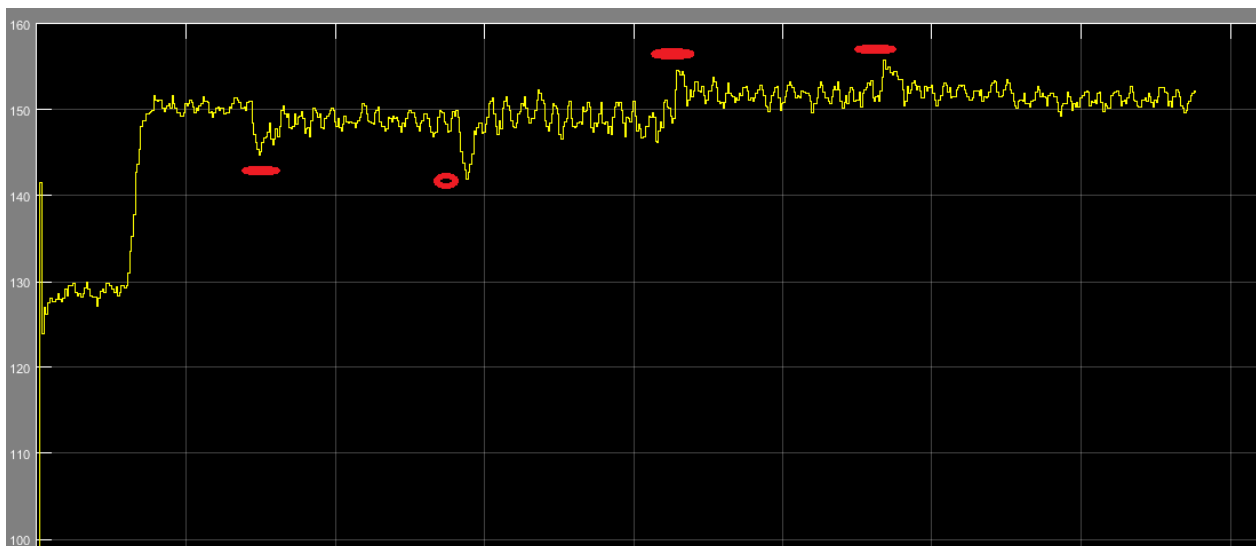


Figura 12. Estrategia de control Fuzzy PID en rojo se destaca el momento en que se agregan o retiraron cargas.

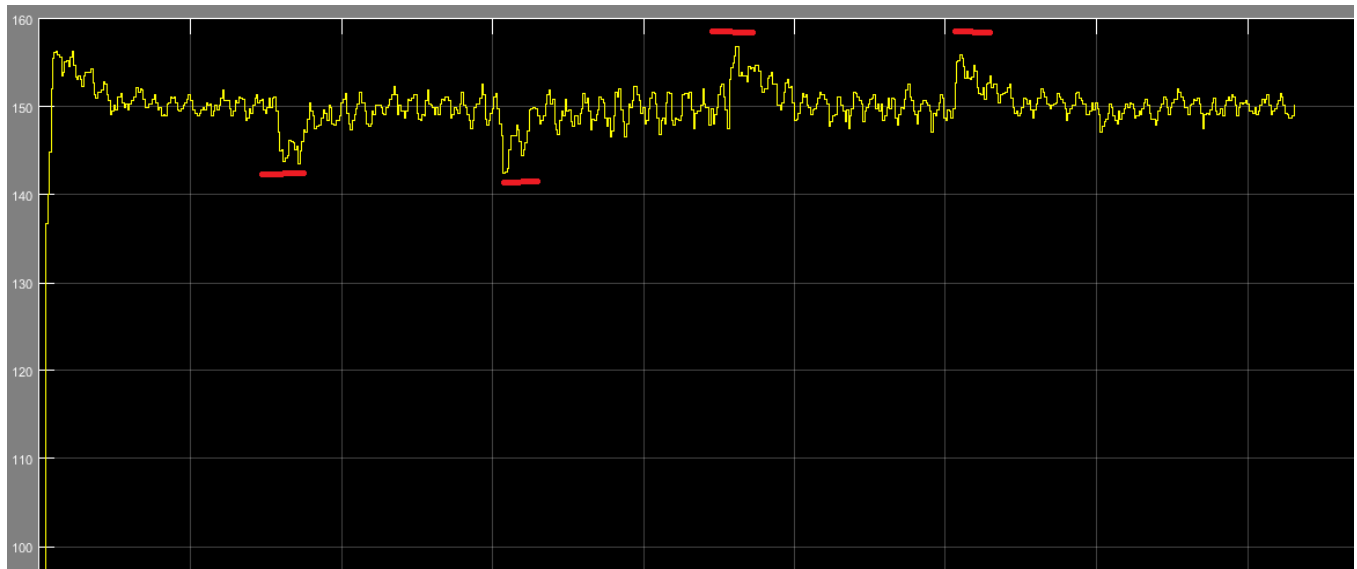


Figura 13. Estrategia de control PI en rojo se destaca el momento en que se agregan o retiraron cargas.

Trabajo a futuro

Dado que este estudio se realizó con el fin de determinar cuál es la mejor estrategia de para controlar la velocidad de la banda de paletas metálicas, el cual se puede implementar a un conductor de caña que esta forma parte de un sistema que incluye una tolva a la entrada de un molino cañero y que dicha altura definirá la velocidad del conductor. Al implementar la estrategia de control correcta se obtiene un control con mejor velocidad de respuesta y mayor estabilidad en la velocidad sin importar que tanto varié la carga.

Conclusiones

Se implementaron una serie de estrategias de control a la banda transportadora, y entre lo más destacable es el hecho de que el mejor control según el criterio de error del valor absoluto es el acotado positivo un control poco utilizado, seguido por el Fuzzy y una estrategia de control clásica el PI. Así también las gráficas demuestran el comportamiento en velocidad de cada una de las estrategias de control implementadas.

Referencias

- [1] J. A. C. Medina, G. G. Y. Martínez, and A. F. J. Ravelo, "Diseño de una banda transportadora semiautomática para la fabricación de tanques de combustible de vehiculos de carga.," Instituto Politécnico Nacional, 2011.
- [2] M. Fanslow and S. Drzymala, "Considerations in the selection and application of ac and dc motors for cement plants.," pp. 1–22, 2009.
- [3] V. M. A. Ruiz, "Actualización del método de sintonización de controladores de ziegler y nichols," vol. 15, pp. 39–52, 2005.
- [4] E. Marcial and F. Tello, "Simulacion del control difuso de una banda transportadora en un sistema automatico de embalaje.," Escuela Politecnica Nacional de Quito Ecuador, 2001.
- [5] L. B. Ristic and B. I. Jefteni, "Implementation of Fuzzy Control to Improve Energy Efficiency of Variable Speed Bulk Material Transportation," vol. 59, no. 7, pp. 2959–2969, 2012.
- [6] Zavala-Rio.A, Aguilera-Gonzáles.A, Martínez-Sibaja.Albino, Astorga-Zaragoza.C.M., and Adam-Medina.M, "Output-feedback tracking in causal nonminimum-phase nonlinear systems using higher-order sliding modes," no. November 2011, pp. 262–283, 2009.
- [7] F. Campos Ortiz and M. Oviedo Pacheco, "Banco de México. Documentos de Investigación. Estudio sobre la Competitividad de la Industria Azucarera en México," 2013.

Medición de CO y CO₂ generado por frutas climatéricas a través de un sistema programable en chip (PSoC)

E. E González Cerezo^{1*}, G. Á. Rodríguez¹, O. Osvaldo Sandoval González¹, I. Herrera Aguilar¹, A. Martínez Sibaja¹

¹ Tecnológico nacional de México Campus Orizaba, DEPI, Orizaba, Veracruz México, Oriente 9 No. 852, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Ver., México

Área de participación: Ingeniería Electrónica

Resumen

En este artículo se presenta el desarrollo de un dispositivo con la capacidad de realizar las mediciones de concentraciones de CO y CO₂ generado por las frutas climatéricas en cámaras herméticamente selladas. Consiste en medir la concentración en ppm a través de sensores de gas de monóxido de carbono y dióxido de carbono para observar los cambios presentes en frutas climatéricas a través del procesamiento digital de señales y comunicación serial utilizando un sistema programable en chip (PSoC). El PSoC es un sistema reconfigurable en la parte interna capaz de ser manipulado de manera eléctrica y electrónica, esta característica es un punto importante para el desarrollo de aplicaciones en esta clase de sistemas. Se ha desarrollado una interfaz de usuario para poder procesar los datos, llevar un registro de las mediciones y visualizar gráficamente las concentraciones de los gases. Los resultados muestran la capacidad del sistema para la medición de concentraciones de CO y CO₂ generados por las frutas.

Palabras clave: madurez, PSoC, frutas climatéricas, interfaz, ppm.

Abstract

This article describes the development of a device with the ability to perform measurements of concentrations of CO and CO₂ generated by climacteric fruits in hermetically sealed chambers. It's to measure the concentration in ppm by Carbon monoxide and carbon dioxide gas sensors to observe changes in climacteric fruits through digital signal processing and serial communication using a programmable system-on-chip (PSoC). The PSoC is a reconfigurable system on the inside can be manipulated in electric and electronic, The PSoC is a reconfigurable system on the inside can be manipulated in electric and electronic, this feature is an important for application development in this kind of system. It has developed a user interface to process the data, keep track of measurements and graphical display gas concentrations. The results show the ability of the system for measuring concentrations of CO and CO₂ generated by the fruit.

Introducción

En la agricultura, fruticultura y la sociedad están en proceso constante de cambio, por lo cual su influencia en el mercado es un factor crítico y de vital importancia en todo el mundo. Un problema que se presenta es el incremento de la población, esto involucra una mayor producción y traslado de los productos a distancias mayores, por lo tanto se debe de reducir al máximo las pérdidas usando diferentes equipos. Los consumidores toman mucho en cuenta la madurez de las frutas y lo relacionan con la calidad, debido a esto los productores deben de ser más estrictos con tiempos de cosecha, tiempos de almacenamiento y los métodos de recolección para tener un producto óptimo que cumpla las necesidades del consumidor [1].

Las características de las frutas en el proceso de producción, almacenamiento, recolección y transporte se tienen en cuenta para minimizar su deterioro en el largo camino de transición entre el productor y el consumidor. Las frutas están compuestas por tejido vivo que presentan cambios en su desarrollo inclusive después de su recolección, las frutas respiran (Toman oxígeno y expelen bióxido de carbono) y transpiran (pierden agua) debido a estos cambios se produce la madurez [2] [3].

Por otra parte se encuentran los sensores de gas estos son fabricados con diferentes materiales y tecnología. Se detallan algunos sensores de gas en la tabla 1, para el desarrollo del sistema se emplearon sensores químicos con tecnología MOx (Óxidos metálicos). Su funcionamiento se basa en variación de una resistencia que presenta su capa activa cuando se depositan sobre ella diferentes compuestos volátiles. El material conductor con los que se fabrican los sensores MOx son los óxidos de estaño, zinc, hierro, níquel o cobalto. Los sensores de gas alcanzan temperaturas de 400 a 600 °C para evitar interferencias con el agua y para obtener una respuesta rápida [4].

Tabla 1. Tipos de sensores y su principio de funcionamiento.

Tipo de sensor	Principio de funcionamiento
Químico resistivo	Conductancia
Químico capacitivo	Capacitancia
Químico sensible a masa	Piezo eléctrico
Químico diodo	Voltaje / e.m.f
Químico de fibra óptica	Intensidad/ Espectro

El sistema programable en chip desarrollado por Cypress semiconductor es un microcontrolador que incorpora todo un sistema configurable, dentro de las familias de microcontroladores se encuentra el PSoC1, PSoC 3, PSoC 4, PSoC 5 y el PSoC 5LP. Debido a sus características de configuración del PSoC se desarrolló un sistema capaz de obtener las señales provenientes de los sensores de gas para transórmala a una señal digital que permita su análisis [3].

Para generar los gases de CO y CO₂ se colocaron frutas dentro de una cámara para la concentración de gas fabricada en acero inoxidable de grado alimenticio y para hacer las mediciones se construyó otra cámara del mismo material que la anterior para colocar los sensores de gas, temperatura y humedad.

Este trabajo se enfoca al desarrollo de un sistema electrónico en conjunto con una interfaz usuario para la medición de la concentración de ppm de CO y CO₂ generados por frutas climatéricas en conjunto con sensores de temperatura y humedad como se muestra. Por lo tanto conforman un sistema completo para monitorear las concentraciones gaseosas de las frutas climatéricas.

Metodología

Elección de los sensores de gas, temperatura y humedad.

Se realizó una investigación de los sensores de gas en el mercado de los cuales se eligió para las primeras pruebas el sensor de monóxido de carbono el MQ-2 y el MQ-7 debido a que su funcionamiento es a través de un elemento calefactor que tiene una capa de óxido de estaño (SnO₂) que reacciona a la exposición del gas, el elemento calefactor también ayuda a la vez con la limpieza del sensor al elevarse a temperaturas de 400° hasta 600° Celsius. Después de pruebas se eligió otro sensor de CO, el MQ-9 con un rango de detección de 0 a 2000 ppm de tecnología de óxidos metálicos (MOx).

Para medir la concentración de CO₂ se eligió el sensor MG811, al igual que los sensores anteriores es de tecnología MOx con un elemento calefactor, el sensor es alimentado con a 5 volts con un rango de detección de 0 a 10000ppm. Los sensores de temperatura y humedad se eligieron en un solo integrado, en este caso es DTH11, este sensor entre muchos otros tiene una particularidad que lo hace adecuado para la investigación, funciona con un microcontrolador incorporado en su encapsulado que ayuda a procesar las señales de temperatura y humedad con la capacidad de enviar los datos digitalmente al microcontrolador PSoC4.

Elección del microcontrolador

Se optó por usar el PSoC 4 por sus características de procesamiento, amplificadores operacionales configurables, conversión de señales analógicas a digitales de 12 Bit, procesador ARM Cortex-M0, captura un millón de muestras por segundo (MSPS).

Sistema para la medición de CO y CO₂

En la figura 1 se muestra el esquema general del sistema de medición.

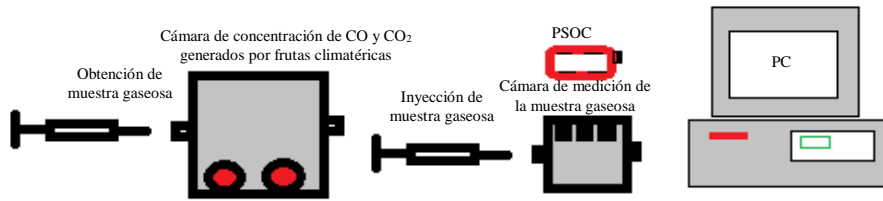


Figura 1. Esquema general del sistema de medición de CO y CO₂

El primer paso consiste en colocar fruta dentro de la cámara de concentración en un lapso de 2 horas para dejar concentrar el CO y CO₂, después del anterior lapso de tiempo extraer una muestra de 1, 1.5 o 2 cm³ través de una jeringa y colocarla en la cámara de medición de gases (Figura 3) para hacer su correspondiente lectura a través de los sensores de gas y enviar la señal al microcontrolador PSoC4. Posteriormente enviar mediante comunicación serial los datos a la computadora y desplegarlos en una interfaz gráfica desarrollada en C#.

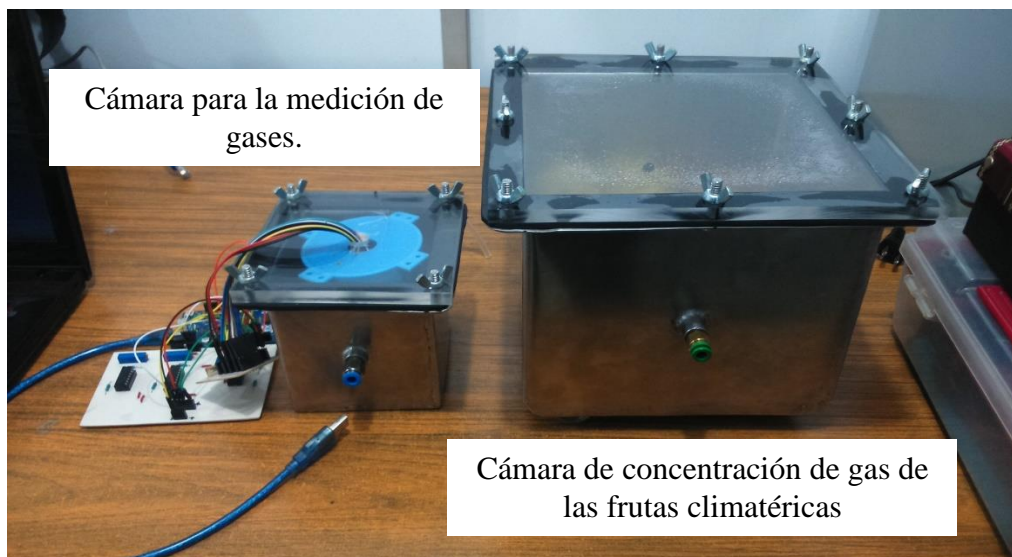


Figura 2. Sistema de medición de CO y CO₂

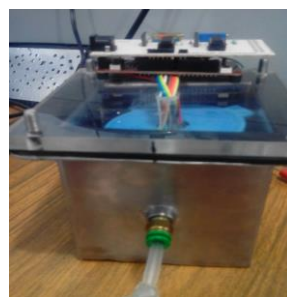


Figura 3. Cámara de medición de la muestra gaseosa

Programación del PSoC4 y Software desarrollado en C#

La programación del sistema programable en chip es a través de su IDE PSoC Creator, permite la programación en C y en conjunto con programación en bloques mostrada en la Figura 4. Se puede observar que el software de programación cuenta con una serie de opciones, entre ellas se encuentra una ventana para el diseño denominada TopDesign, otra pestaña es Design donde se puede programar la parte interna del microcontrolador como su voltaje de operación, frecuencia de operación del reloj interno o las entradas y salidas.

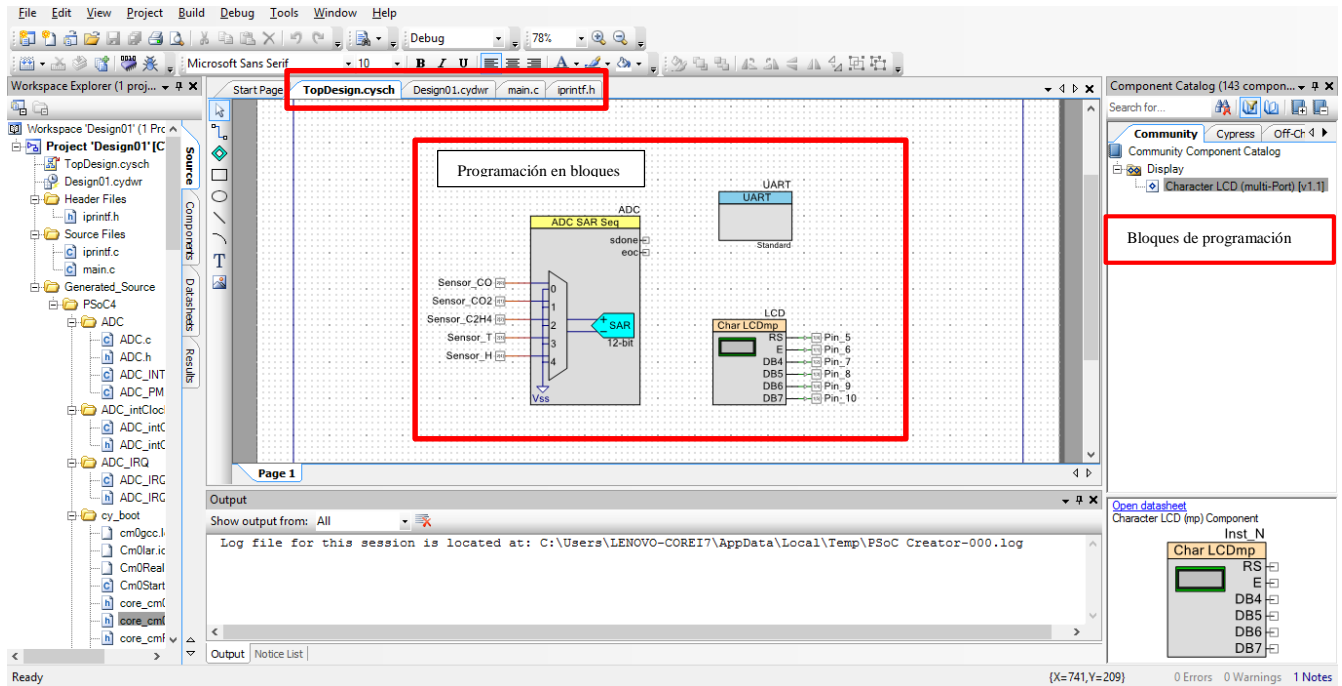


Figura 4. Ventana principal de programación en PSoC Creator.

La interfaz usuario fue desarrollada en C# para desplegar visualmente la concentración de CO y CO₂ en conjunto con la temperatura y humedad como se muestra en la Figura 5.

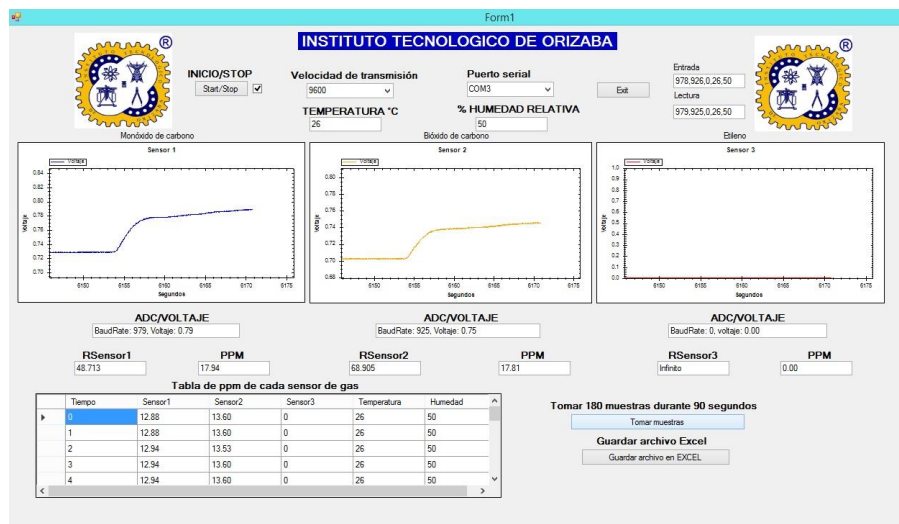


Figura 5. Interfaz desarrollada en C#

La interfaz debe ser configurada para su funcionamiento como primer paso elegir el puerto serial denominado COM, el segundo paso es elegir la velocidad de transmisión y finalmente apretar el botón de inicio/apagado. Se observara rápidamente como empiezan las gráficas a mostrar la concentración de CO y CO₂ presente en la cámara de medición. Se desplegara la temperatura y humedad en los apartados mostrados en la interfaz gráfica, también se observaran los valores resistivos de los sensores de gas.

Otra sección muy importante es la parte del muestreo, se desplegaran en la pantalla los valores de concentración de los sensores de monóxido de carbono, dióxido de carbono, la temperatura y la humedad obteniendo 180

muestras en un tiempo de 90 segundos con la opción de guardar los datos en un archivo Excel para ser graficadas y analizadas.

Las PPM se obtuvieron por medio de los valores entregados en voltaje de los sensores de gas y por medio de la ecuación de relación entre la resistencia del sensor y la concentración de gas mostrada en la ecuación 1.

$$Y = KX^n \dots \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Y = Resistencia eléctrica del sensor.

K = Constante para cada gas.

X = Concentración de gas.

n = Inclinación de la curva de Y.

La constante que representa los cambios particulares para cada gas se puede obtener a través de la ecuación anterior y la modificamos por logaritmos base diez.

$$\log Y = \log KX^n \dots \text{Ecuación 2}$$

$$\log Y = \log X^n + \log K \dots \text{Ecuación 3}$$

$$\log Y = n \log X + \log K \dots \text{Ecuación 4}$$

En la anterior ecuación se observa que esta es similar a la ecuación de la recta que pasa por un punto conocido y cuya pendiente también se conoce;

$$y = mx + b \dots \text{Ecuación 5}$$

Donde:

y = Eje de las ordenadas $\frac{Rs}{Ro}$.

x = Eje de las accisas en ppm.

m = Pendiente.

b = Punto de intersección de la ordenada.

La ecuación para obtener la constante de cada gas es:

$$\log K = \log Y + n \log X \dots \text{Ecuación 6}$$

$$K = 10^{(\log Y + n \log X)} \dots \text{Ecuación 7}$$

La ecuación para determinar la resistencia del sensor:

$$Rs = \left(\frac{Vc - VRL}{VRL} \right) (RL) \dots \text{Ecuación 8}$$

Se hace la relación de la resistencia del sensor (Rs) y la resistencia del sensor en aire limpio (Ro) para determinar el valor de Ro.

$$Y = \frac{Rs}{Ro} = \text{Valor en aire limpio} \dots \text{Ecuación 9}$$

Para determinar las partes por millón se utiliza la $\log Y = n \log X + \log K \dots$ Ecuación 4 y se despeja de la siguiente manera;

$$n \log X = \log K - \log Y \dots \text{Ecuación 10}$$

$$\log X = \frac{\log K - \log Y}{n} \dots \text{Ecuación 11}$$

$$X = 10^{\frac{\log K - \log Y}{n}} \dots \text{Ecuación 12}$$

Donde:

X = Partes por millón.

K = Constante del gas.

n = Pendiente.

$$Y = \frac{R_s}{R_o}$$

Los valores en PPM se compararon con el espectrómetro infrarrojo Nicolet IS5 y así se obtuvieron valores patrón de las diferentes concentraciones.

Resultados y discusión

Se muestra en la Figura 7 la concentración de los sensores de CO y CO₂ ante la presencia de una muestra gaseosa de 1 cm³, con temperatura de muestreo de 26°C con humedad relativa del 65%.

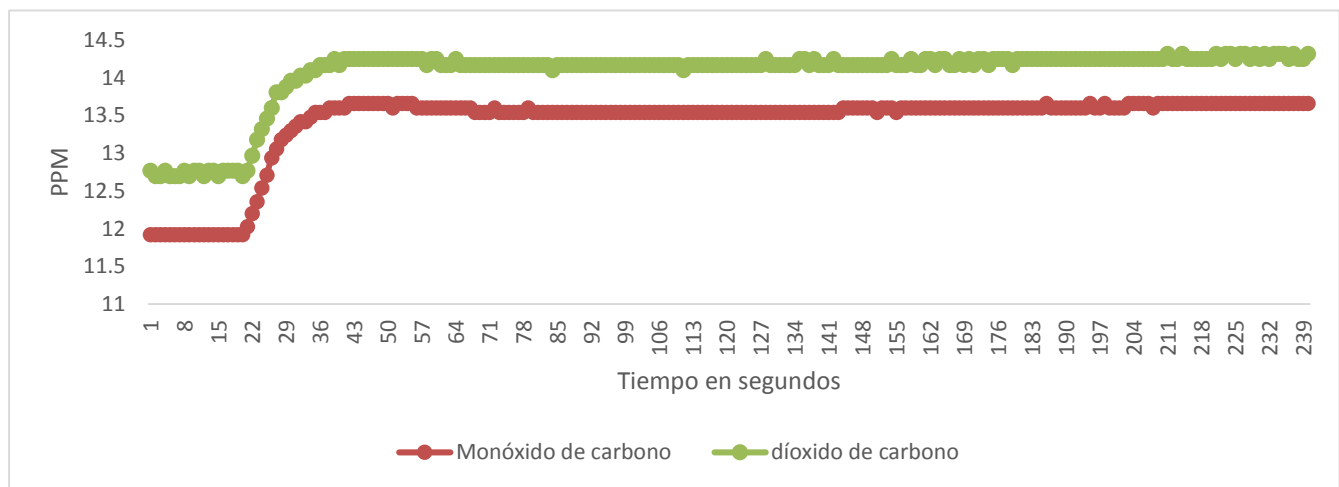


Figura 6. Muestra gaseosa de 1 cm³

Sistema ante la presencia de 1.5 cm³ de gas con temperatura de 26°C con humedad relativa del 65%.

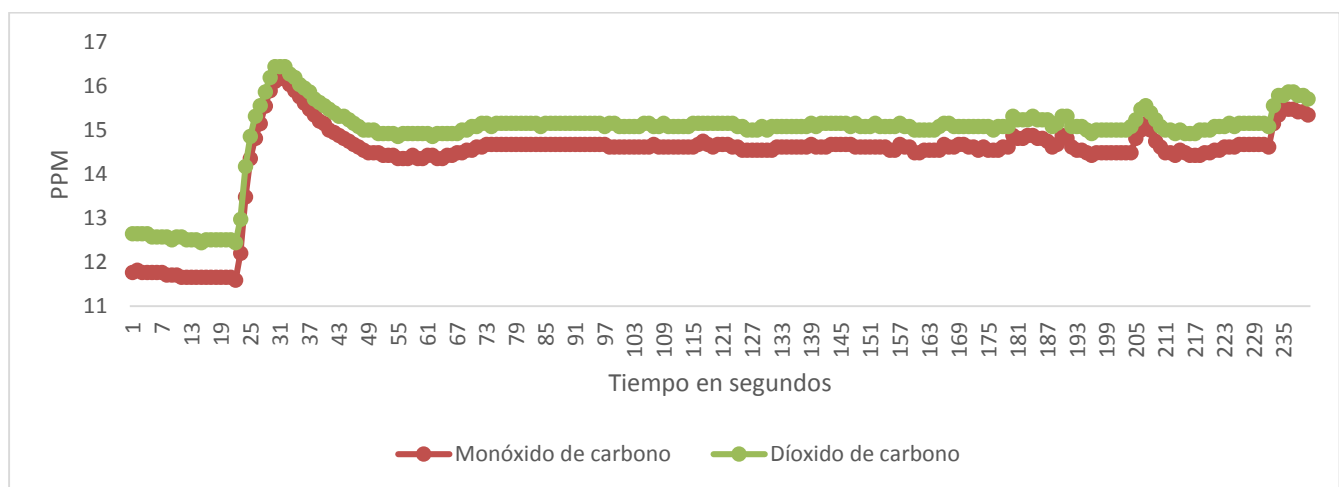


Figura 7. Muestra gaseosa de 1.5 cm³

Sistema ante la presencia de 2 cm³ de gas generado por las frutas climatéricas con temperatura de 26°C y 65% de humedad relativa.

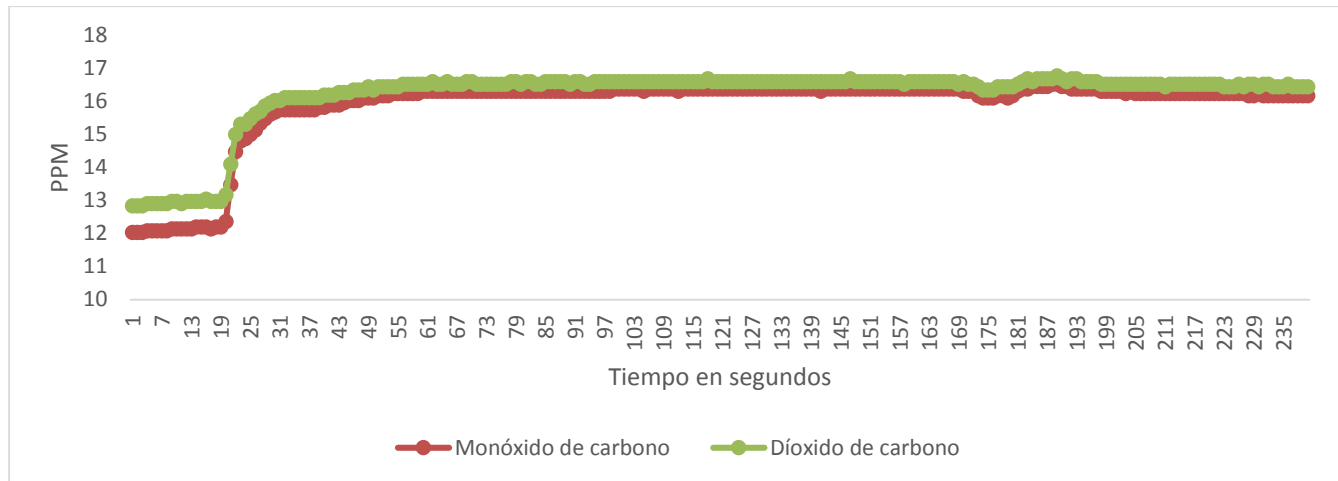


Figura 8.Muestra gaseosa de 2 cm³

Trabajo a futuro

Se pretende analizar los valores por medio de redes neuronales para tener un conjunto autónomo para la detección precisa de la madurez en frutas climatéricas o usar el algoritmo de componentes principales para el análisis estadístico de los datos.

Conclusiones

Se analizó satisfactoriamente la concentración de CO y CO₂ producido por las frutas climatéricas, observando las variaciones de diferentes concentraciones. Las pruebas fueron un éxito al lograr obtener los valores en ppm, la temperatura y humedad de manera precisa, tomando en cuenta que se empleó tecnología PSoC para el procesamiento de las señales, ya que el PSoC es el comienzo de nuevas aplicaciones en la electrónica.

Referencias

- [1] W. V. Oviedo, Tecnología del manejo de postcosecha de frutas y hortalizas, IICA Biblioteca Venezuela.
- [2] J. U. R. G. E. C. J. G. S. I. L. A. Viñas Almenar Maria Inmaculada, «Postcosecha de manzana, pera y melocoton,» 2013.
- [3] L. Gutiérrez, Evaluación de la calidad de productos lacteos por medio de la nariz electronica, 2011.
- [4] A. Robert, Designer’s Guide to the Cypress PSoC, 2005.

Aplicación de microscopia fotoacústica para control de calidad de circuitos impresos flexibles

J. L. Aduna Padilla¹, I. Herrera Aguilar¹, J.J.A. Flores Cuautle^{1, 2}, G Águila Rodríguez¹, A. Cruz Orea³, B. E. Gonzales¹

¹Maestría en Ingeniería Electrónica, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, Orizaba Veracruz, México

²Cátedras CONACyT, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Av. Insurgentes Sur 1582, Del. Benito Juárez C.P.: 03940, México

³Departamento de Física, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. México D.F. México.
*jose.aduna@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Electrónica

Resumen

El efecto fotoacústico proporciona las propiedades ópticas y térmicas de muestras de materiales, específicamente la microscopia fotoacústica permite crear imágenes térmicas de ellos, con esto es posible obtener un parámetro de calidad en la creación de pistas flexibles a fin de verificar que la manufactura sea correcta. Con los resultados encontrados se pretende aplicar un control de calidad para los circuitos impresos flexibles generados en el departamento de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Orizaba.

Este artículo presenta la teoría del efecto fotoacústico así como distintos ensambles, también se describe el montaje de microscopia fotoacústica utilizado y algunos resultados en experimentos hechos en circuitos impresos flexibles para determinar su calidad de manufactura.

Palabras clave: Efecto fotoacústico, microscopia fotoacústica, circuitos impresos flexibles, calidad.

Abstract

The photoacoustic effect provides the optical and thermal properties of material samples, specifically the photoacoustic microscopy allows creating thermal images of them, with it is possible to obtain a quality parameter in creating flexible printed circuits to verify that manufacturing is correct. With the results is intend to apply quality control for flexible printed circuits generated in the Department of Electronic Engineering from the Instituto Tecnológico de Orizaba.

In this text the effect photoacoustic theory and differents applications of this are presented. The microscopy photoacoustic used is showed, and some results of the experiments done in some flexible printed circuits to determine their manufacture's quality are presented.

Introducción

El departamento de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Orizaba está iniciando a fabricar circuitos impresos flexibles [4] para diferentes proyectos, estos circuitos impresos dan nuevas posibilidades para el diseño físico e implementación en diferentes proyectos debido a que se pueden doblar, sin embargo al ser un nuevo material fabricado en la institución no se sabe con seguridad si el circuito impreso flexible presenta imperfecciones, por lo cual se propone ocupar una técnica que proporcione un conocimiento objetivo sobre la calidad de estos circuitos.

Se propone ocupar microscopía fotoacústica para adquirir imágenes térmicas que permitan concluir que la elaboración de circuitos impresos flexibles es confiable.

El efecto fotoacústico fue descubierto en 1880 por Alexander Graham Bell, él observó que la luz del sol interrumpida periódicamente que era incidida sobre una celda cerrada generaba una onda acústica dentro de ésta. Tuvieron que pasar cerca de 100 años para que se pudiera explicar satisfactoriamente el fenómeno.

Hubo varios intentos fallidos para explicar este fenómeno, sin embargo en 1881 Preece y Mercadier lo hicieron, ellos dieron una explicación más acertada de los procesos involucrados en el efecto fotoacústico, y fue hasta que en 1975 Rosencwaig y Gersho [1] formularon la teoría del efecto con fundamentos físicos. Los resultados de esta teoría se aplican a la celda cerrada, para materiales ópticamente opacos o transparentes, y térmicamente gruesos o delgados. Cabe mencionar que los datos experimentales coinciden con los resultados teóricos, lo cual soporta la explicación para el mecanismo del efecto fotoacústico.

Se han desarrollado técnicas de microscopia y espectroscopia basadas en el efecto fotoacústico, y más recientemente se ha comenzado a emplear en tomografía [7].

Teoría del efecto fotoacústico

En la figura 1 se muestra un esquema de la celda fotoacústica cerrada. La luz incide sobre la muestra de espesor l (en el esquema, el origen del sistema de coordenadas se sitúa en la interface entre la muestra y algún gas, generalmente aire), aumentando la temperatura de la misma, por lo que existe flujo de calor de la muestra a una delgada capa de aire (de espesor $2\pi/aga$), que se expande por el incremento de temperatura y por lo tanto se generan variaciones de presión en la columna de aire (de espesor l_g). Posteriormente la onda acústica es detectada por un micrófono (no mostrado en la figura) [5]. El "backing material" de espesor l_b que se muestra en la figura es un aislante térmico.

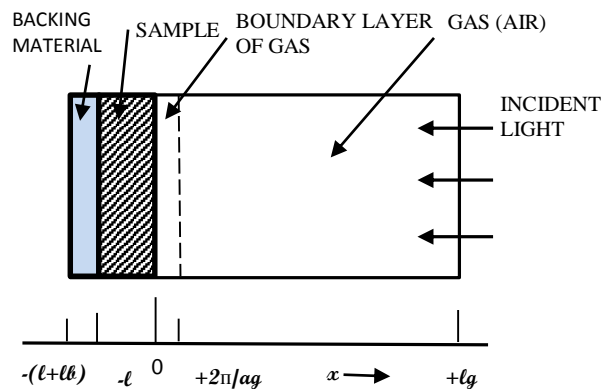


Figura 1: Celda foto acústica cerrada. Figura tomada de [1].

En lo que sigue, se usaran los subíndices b (backing), s (sample) y g (gas) para hacer referencia a propiedades térmicas y ópticas del aislante, la muestra y el gas, respectivamente.

Resolviendo las ecuaciones de propagación de calor se obtiene una ecuación para cada uno de estos medios [1]

$$\frac{\partial^2 \phi_b}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha_b} \frac{\partial \phi_b}{\partial t} \quad -l - l_b \leq x \leq -l \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 \phi_s}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha_s} \frac{\partial \phi_s}{\partial t} - \frac{\beta I_0}{2ks} e^{\beta x} (1 + e^{i\omega t}) \quad -l \leq x \leq 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 \phi_g}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha_g} \frac{\partial \phi_g}{\partial t} \quad 0 \leq x \leq l_g \quad (3)$$

donde α_i es la difusividad térmica y k_i la conductividad térmica del material i , con $i \in \{s, g, b\}$, β es el coeficiente de absorción óptico de la muestra y ω es la frecuencia de modulación de la luz. Note que solo en la segunda ecuación existe un término de fuente, pues se ha asumido que el gas no absorbe radiación electromagnética, esto es una buena aproximación para el aire en el espectro visible. También se ha supuesto que la muestra absorbe toda la luz de tal forma que no llega al aislante. La intensidad de la luz que incide sobre la muestra se puede escribir de la forma

$$I(t) = \frac{I_0}{2} (1 + \cos \omega t) = \frac{I_0}{2} \text{Re} (1 + e^{i\omega t}) \quad (4)$$

y de acuerdo con la ley de Beer-Lambert la intensidad decae exponencialmente en la muestra,

$$I(x, t) = I(t)e^{-\beta x} = \frac{I_0}{2} e^{-\beta x} \text{Re} (1 + e^{i\omega t}) \quad (5)$$

por otro lado, la longitud de difusión térmica $\mu_g = 1/\alpha_g$ se define como la distancia a la cual la temperatura ha decaído a θ/e , aproximadamente un 63 % de la temperatura inicial θ y a una distancia $x = 2\pi\mu_g$ la variación de la temperatura es completamente amortiguada, por lo tanto, solo la capa de aire de espesor $2\pi\mu_g$ responde térmicamente a los cambios de temperatura de la muestra [3]. Debido al calentamiento periódico de esta capa de aire, el gas se expande y contrae, esto permite hacer una analogía con un pistón que se mueve periódicamente.

Asumiendo que el gas en la columna l_g se comporta como un gas ideal, podemos estimar el desplazamiento del "pistón" a partir de la ley del gas ideal $PV = nKT$. Para un cambio de temperatura dT se tiene un cambio de volumen dV

$$PdV = nKdT \implies \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T} \implies dV = \frac{dV}{V} V = \frac{dT}{T} V \quad (6)$$

Existe otra técnica basada en el efecto foto acústico: la celda fotoacústica abierta [2]. Marquezini desarrolla la teoría de la celda fotoacústica abierta, que básicamente consiste de un micrófono electret en el cual se coloca la muestra sobre la membrana. Una de las ventajas de ésta técnica es que pueden hacerse modificaciones, al experimento in situ ya que la muestra no está dentro de la cámara fotoacústica, como es el caso de la celda cerrada. Pero en comparación a la celda abierta, en la celda cerrada es posible estudiar muestras líquidas una de las ventajas frente a la celda cerrada es la reducción en volumen y el bajo costo, aunque la parte necesaria para el análisis de las señales, principalmente en amplificador Lock-In es costoso. En la figura 2 se observa un diagrama esquemático de la celda abierta.

En este caso, la luz incide directamente sobre la muestra, que está colocada sobre un micrófono electret. Es el micrófono el que actúa como celda, la onda acústica se produce en el aire que está entre la membrana y la muestra

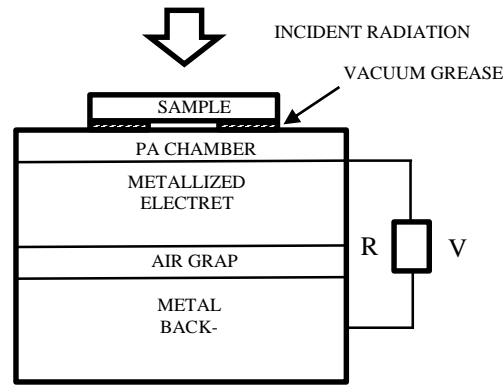


Figura 2: Micrófono electret como celda fotoacústica abierta. Figura tomada de [2].

Metodología

Para hacer microscopía con el efecto fotoacústico se ocupó una celda cerrada. El montaje del sistema se muestra esquemáticamente en la figura 3.

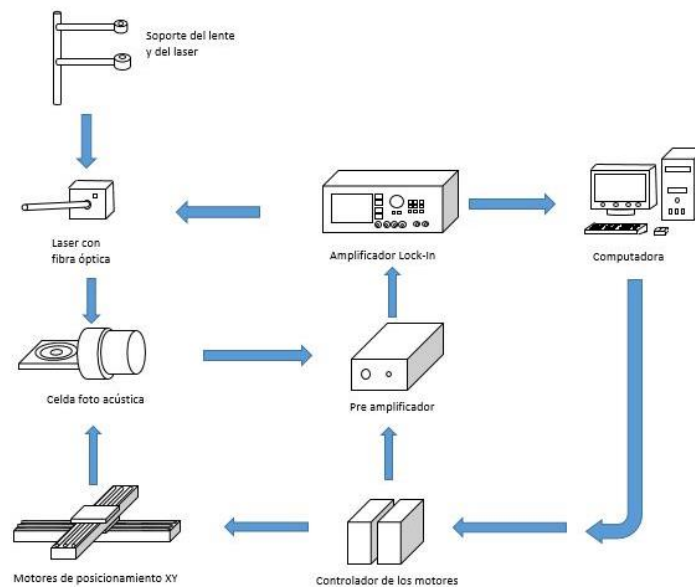


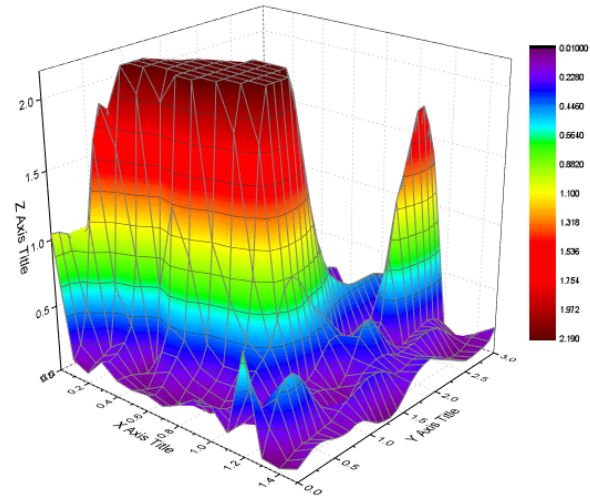
Figura 3: Esquema del equipo para microscopía fotoacústica.

La señal generada por la celda fotoacústica es pre amplificada una vez y posteriormente se amplifica por el Lock-In. LabVIEW toma 10 datos y los promedia. La computadora controla dos motores a pasos (National Aperture MM-3M-F-2.0), estos motores mueven dos ejes con resolución aproximada de 0.5 μm sobre los cuales se sitúa la celda fotoacústica. Aun con esta resolución, en la práctica no tiene sentido mover los motores con tal precisión, ya que el enfoque del láser no es tan bueno como la resolución de los motores. Por esto, el desplazamiento mínimo de los ejes fue de 50 μm , 100 μm , 200 μm y 500 μm .

Se realizaron desplazamientos de 100 μm , 200 μm y 500 μm para poder comprobar la calidad del método ocupado para la deposición de cobre y la calidad del circuito. La celda debe de estar herméticamente cerrada, por lo cual se ocupa grasa de vacío alrededor de la muestra y el vidrio en el extremo opuesto del agujero donde se crea el efecto fotoacústico.

Resultados y discusión

En la figura 4 se muestra una comparación de una imagen óptica con la imagen obtenida por microscopia fotoacústica de un circuito impreso flexible, con resolución de $100\mu\text{m}$, y recorriendo un área de $1.5\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ a una frecuencia de 15 Hz.



**Figura 4: Pista flexible para circuitos electrónicos:
A) Imagen óptica, B) Imagen en 3D tomada por microscopia fotoacústica.**

La escala de colores indica la amplitud de la señal fotoacústica, que representa las distintas zonas de absorción de la muestra. La parte azulada da una señal del micrófono muy baja. La parte roja representa zonas donde existe la mayor absorción de luz en la muestra en la cual se encuentra la pista.

El área de trabajo donde se crea el efecto fotoacústico es de un diámetro de 9 mm por lo cual la imagen que se obtuvo es muy pequeña y fue puesta y direccionada de tal manera que pudiera tomarse sobre la pista de cobre.

Se puede observar en la Figura 4 B que existe una franja que divide a la pista, a simple inspección visual sería imposible percibir dicha discontinuidad, sin embargo con la imagen fue posible apreciarla y medir que tiene una longitud cercana a 400 micras.

Trabajo a futuro

Teniendo en cuenta los resultados arrojados por las pruebas se demostró que es posible determinar pequeñas imperfecciones en los materiales no solo en la superficie si no a diferentes profundidades. Se sugiere continuar la investigación mediante proyectos que permitan asegurar el control de calidad de circuitos impresos flexibles e incluso de otros materiales y otros productos; de igual manera también es posible ocupar la microscopia con efecto fotopiroeléctrico para obtener resultados similares.

Conclusiones

Con la microscopia fotoacústica se obtienen imágenes térmicas y ópticas de la muestra. Específicamente la gráfica de la amplitud de la señal fotoacústica depende de las propiedades térmicas y ópticas, mientras que la fase da una imagen puramente térmica. Pero para hacer buena microscopia mediante ésta técnica es necesario conocer la longitud de difusión térmica y espesor de la muestra para determinar el rango de frecuencias de

“observación” apropiado. De esta forma se puede conocer a qué profundidad está siendo observada una muestra en particular.

Con los resultados de las pruebas se pudo comprobar que el efecto fotoacústico es capaz de mostrarnos una imagen y un criterio más objetivo incapaz de poder visualizarse a simple vista, por lo cual se puede concluir que es posible controlar las imperfecciones desde la generación de los circuitos impresos flexibles fabricados en el Instituto Tecnológico de Orizaba.

Si bien las aplicaciones que se le han dado al efecto fotoacústico han sido fructíferas, existe un límite como en todo experimento, este límite está relacionado con la frecuencia, pues la señal fotoacústica depende inversamente de ella, para algunos materiales es proporcional a f^{-1} y para otros decae como $f^{-3/2}$. Se puede afirmar entonces que para altas frecuencias la señal fotoacústica puede ser tan pequeña que no es detectable debido al ruido eléctrico y por el contrario a frecuencias relativamente bajas la señal fotoacústica es grande y el ruido eléctrico es muy pequeño, con lo anterior se observa que existe un compromiso señal-ruido al trabajar con estas técnicas.

Bibliografía

- [1] A. Rosencwaig y A. Gersho, «Theory of the photoacoustic effect with solids,» *Journal of Applied Physics*, vol. 47, pp. 64-69, 1976.
- [2] M. V. Marquezini, N. Cella, A. M. Mansanares, H. Vargas y L. C. M. Miranda, «Open Photoacoustic Cell Spectroscopy,» *Meas. Sci. Technol.* 2 (1991) 396-401. Printed in the UK, pp. 396 - 401, 1991.
- [3] A. Calderón, R. Muñoz Hernández, S. A. Tomás, S. A. Cruz-Orea y F. Sánchez Sinencio, «J. Appl. Phys.,» vol. 84, pp. 6327-6329, 1998.
- [4] L. Rojas, Z. E. Franco M. y A. S. Pateti M., «Diseños de circuitos electrónicos digitales utilizando la tecnología FPGA.,» *uct [online]*, vol. 13, n° 52, pp. 250-258, 2009.
- [5] A. Mandelis y M. M. Zver, «Theory of photopiroelectric spectroscopy of solids,» *J. Appl. Phys.*, vol. 57, n° 9, pp. 4421-4430, 1985.
- [6] S. Pérez Ruíz, S. Alcántara Iniesta, P. Hernández y R. Castañeda-Guzmán, «Sound speed resolved by photoacoustic technique,» *Revista mexicana de física*, vol. 53, n° 3, pp. 213-217, 2007.
- [7] J. D. Martínez-Ramírez, R. Quispe-Siccha, C. García-Segundo, F. J. González, R. Espinosa-Luna y G. Gutiérrez-Juárez, «Photoacoustic Tomography System,» *Journal of applied research and technology*, vol. 10, n° 1, pp. 14-19, 2012.
- [8] O. Delgado Vasallo y E. Marín, «The application of the photoacoustic technique to the measurement of the thermal effusivity of liquids,» *J. Phys. D: Apply. Phys.*, vol. 32, pp. 593-597, 1999.
- [9] M. C. Evora, O. L. Gonçalez, R. C. Dutra, M. F. Diniz, H. Wiebeck y L. G. Andrade de Silva, «Comparação de Técnicas FTIR de Transmissão, Reflexão e Fotoacústica na Análise de Poliamida-6, Reciclada e Irradiada,» *Polímeros*, vol. 12, n° 1, pp. 60-68, 2002.
- [10] L. M. Nogueira, R. C. Dutra, M. F. Diniz, M. Pires, M. Evangelista, F. A. Santana, L. Tomasi, P. d. Santos y R. Nonemacher, «Avaliação da aplicabilidade de técnicas MIC/FT-IR/DSC para a caracterização de filmes multicamadas,» *Polímeros*, vol. 17, n° 2, pp. 158-165, 2007.
- [11] R. Constanzo R., A. Pagliero N. y F. Vergara G., «Estudio de electrodeposición de cobre sobre electrodos porosos de grafito y acero inoxidable vía SEM-DRX y análisis de imagen.,» *DYNA*, vol. 81, pp. 41-48, 2014.

- [12] A. Dominguez Pacheco, C. Hernández Aguilar, R. Zepeda Bautista, E. Martínez Ortiz y A. Cruz-Orea, «Análisis térmico de semilla de maíz con plaga por microscopía fotopiroeléctrica. Superficies y vacío,» *J. Appl. Phys*, vol. 25, pp. 92-96, 2012.
- [13] W. Aperador Chaparro, E. Vera López y A. Vargas Uscategui, «Estudio de la resistencia a la corrosión electroquímica de electro-recubrimientos níquel/cobre obtenidos por corriente pulsante.,» *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 27, n° 48-61, 2010.

Celda de medición para determinar cloro residual en una muestra de agua para consumo humano

Oscar G. Garza Martínez¹, Gerardo Águila Rodríguez¹, Oscar O. Sandoval Gonzalez¹, Agustín Flores Cuatle¹
Blanca E. Gonzáles Sánchez¹

¹Instituto Tecnológico de México Campus Orizaba, DEPI, Orizaba, Veracruz México,
Oriente 9 No. 852, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Ver., México

Área de participación: Ingeniería Electrónica

Resumen

En este artículo se presenta una celda de medición que facilitará la cuantificación de cloro residual in-situ de una muestra de agua. Esta celda de medición se basa en la determinación de cloro residual por medio de colorimetría, la cual consiste en agregar un reactivo a una muestra de agua, por lo que tornara a una coloración proporcional a la cantidad de cloro residual en la muestra, para después ser comparada con una banda de colores de referencia. La ventaja de esta celda de medición es que la coloración de la muestra se analiza con ayuda de un sensor RGB, un microcontrolador, una aplicación visual y un algoritmo de programación para determinar el valor cuantitativo del cloro residual en la muestra, esto elimina errores propios de la vista humana cuando se lleva a cabo la comparación de la coloración de la muestra con la banda de referencia.

Palabras clave: calidad del agua, sensor RGB, microcontrolador, aplicación visual.

Abstract

In this article shows a measuring cell which facilitate quantification of the quantity of residual chlorine in-situ in a water sampling. This measuring cell is based on the determination of residual chlorine by colorimetry, which consist on adding a reagent to a water sampling, which will return a proportional coloration to the quantity of residual chlorine present in the sample to after be compared to a reference colors band. The advantage of this measuring cell is that coloration of the sample is analyzed using an RGB sensor, a microcontroller, visual application and a programing algorithm to determine the quantitative value of the residual chlorine in the water sampling, in this way eliminates mistakes of the human eye when comparing the color of the sample with the coloration reference band.

Introducción

El agua es un recurso natural esencial para la vida en todos los aspectos, tener agua de calidad es fundamental para la salud y para el desarrollo en los ámbitos nacionales, regionales y locales, por lo cual, este recurso es de gran relevancia para la sociedad. Las enfermedades relacionadas directa o indirectamente con el consumo de agua de mala calidad tienen una gran repercusión en la salud de las personas, es por esto que las medidas destinadas a mejorar la calidad del agua que consumimos proporcionan grandes beneficios para nuestra salud[1], de aquí la importancia de contar con herramientas para determinar parámetros que nos den idea de la calidad del agua que consumimos, con las cuales se pueda medir, registrar y almacenar datos relacionados a la calidad del agua.

La contaminación del agua se debe a sólidos, líquidos y gases disueltos o en suspensión, la contaminación es, producto de actividades propias de los seres humanos, la urbanización y la industrialización han ocasionado un efecto negativo en la calidad del agua, debido a esto se han creado normas, leyes y regulaciones para mantener y controlar la calidad del agua, no solo para mantener la salud publica sino también para mantener y proteger al medio ambiente[2].

El cloro residual es un parámetro cuantitativo que cuenta con parámetros permisibles establecidos en normas y leyes mexicanas, dichos rangos permisibles están establecidos de acuerdo al nivel de riesgo para la salud pública. El cloro se utiliza como desinfectante el cual al entra en contacto con el agua destruye la mayoría de microorganismo causantes de enfermedades, se utiliza en forma de hipoclorito de sodio (NaClO) y en dióxido de carbono (ClO₂), después de desinfectar el agua y una vez que se destruyen todos los microorganismo quedará un poco de este en el agua llamado cloro residual, el cual es importante ya que es el encargado de contrarrestar

la probabilidad de una nueva contaminación, de aquí la importancia de realizar análisis para determinar la cantidad de cloro residual en el agua, tanto en el proceso de desinfección como para el consumo[3].

El desarrollo de la celda de medición se basa en los kits convencionales que se utilizan para determinar la cantidad de cloro residual que existe en una muestra de agua, estos kits determinan la cantidad de cloro residual por medio de colorimetría, este método se basa en tomar una muestra de 5 ml de agua y agregarle 0.25 ml de reactivo Orthotolodine, dicha muestra al entrar en contacto con el reactivo tomara una determinada coloración en relación a la cantidad de cloro residual, esta muestra se compara con una banda de colores y visualmente se determina el valor cuantitativo del cloro residual[4]. La mayor ventaja que presenta la celda de medición es la eliminación de errores propios de la vista humana al momento de comparar la muestra de agua con la banda de referencia, otra ventaja es la oportunidad desplegar los valores cuantitativos del cloro residual en una aplicación visual.

Metodología

Elección del sensor RGB y prueba de funcionamiento

Se seleccionó el sensor TCS3200 el cual es un sensor RGB programable, debido a que este sensor es pequeño, tiene alta resolución con respecto a la intensidad del luz (irradiancia) que incide al sensor y es relativamente económico, sus principales características son; proporciona una salida en forma de onda cuadrada con un ciclo de trabajo del 50%, la frecuencia de salida es directamente proporcional a la intensidad de color, la frecuencia de salida puede ser escalada en tres valores definidos por medio de dos entradas de control y trabaja en un rango de temperatura de entre -40 a 70 °C[5].

Para comprobar el correcto funcionamiento del sensor TCS3200 se adquirió el módulo de DFROBOT el cual se muestra en la Figura 1, en el cual viene integrado el sensor TCS3200, este módulo incluye resistencias para limitar la corriente de las entradas y las salidas, también tiene integrados cuatro leds blancos para proporcional luz artificial.



Figura 1. Modulo del sensor TCS3200

Como sabemos tanto la luz ambiental como la luz artificial pueden afectar la respuesta del sensor, para eliminar este factor se diseñó en SOLIDWORKS una base que tiene como fin aislar el sensor RGB de la luz ambiental y artificial, para que solo incida la luz de los leds blancos al sensor RGB, esta base fue manufacturada en una impresora 3D, en la Figura 2 se puede observar las medidas de la base.

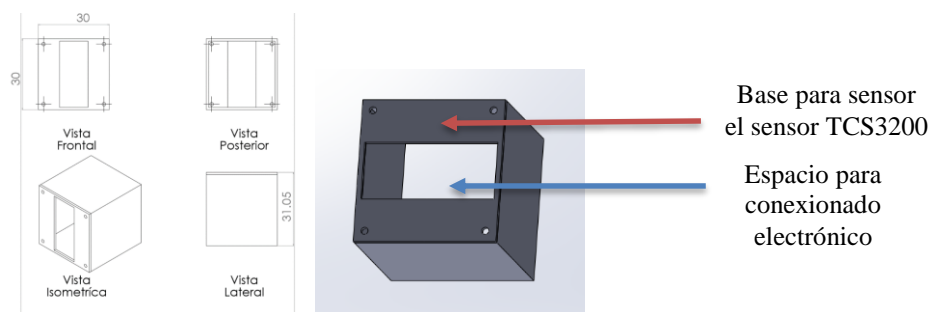


Figura 2. Base aisladora para el sensor TCS3200 (mm)

Teniendo la base aisladora para el sensor TCS3200, se pudo realizar las pruebas de funcionamiento, para programar y procesar la respuesta del sensor se utilizó un microcontrolador Arduino, esta prueba de funcionamiento consistía en observar el cambio que existe en la frecuencia de salida del sensor RGB a hojas de diferentes tonalidades (rojo, verde, azul), como se muestra en la Figura 3.

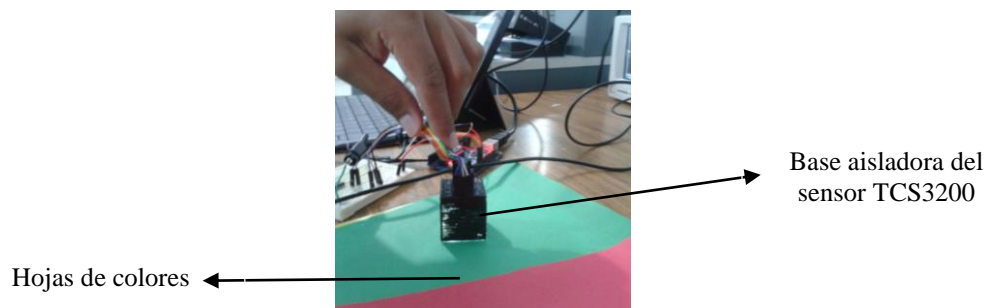


Figura 3. Prueba de funcionamiento del sensor TCS3200

La respuesta del sensor TCS3200 se verificó con un osciloscopio, en la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en esta prueba.

Tabla 1. Respuesta del sensor TCS3200 a la prueba de funcionamiento,

Escala de frecuencia de salida	Tipo de fotodiodo	Frecuencia de salida (KHz)			
		(hoja) Blanco	(hoja) Rojo	(hoja) Verde	(hoja) Azul
100%	Rojo	137.00	100.00	63.30	67.00
20%		28.00	19.90	12.70	13.00
2%		2.86	1.90	1.27	1.30
100%	Azul	145.50	63.40	67.50	112.00
20%		29.80	13.00	13.90	23.00
2%		2.50	1.10	1.18	1.90
100%	Verde	126.00	54.90	87.70	54.90
20%		27.00	10.90	14.50	17.40
2%		2.50	1.05	1.38	1.60
100%	Sin filtro	426.00	216.50	210.00	274.00
20%		86.20	43.80	42.20	55.10
2%		8.50	4.30	4.20	5.50

En la Tabla 1 se puede observar la estabilidad del sensor, se realizaron varias pruebas con lo cual se observó la repetitividad del sensor y se puede observar la factibilidad de utilizar este sensor RGB para poder determinar la cantidad de cloro en una muestra de agua en base al método de colorimetría.

Procesamiento de la señal de salida del sensor TCS3200 con Arduino

Como se mencionó en las características del sensor TCS3200 que la frecuencia de salida varía con respecto a la intensidad de color, para poder procesar la salida con el Arduino se utilizó el circuito integrado LM2907 el cual es un convertidor de frecuencia a voltaje, por lo cual se utilizó la configuración recomendada en la hoja de datos. En la Figura 4 se muestra el diagrama a bloques que se siguió para realizar el acondicionamiento de señal del sensor TCS3200 con Arduino.

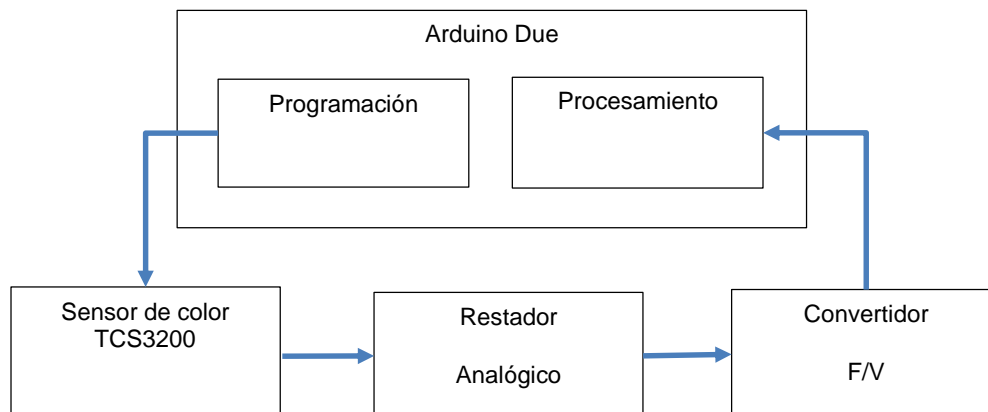


Figura 4. Diagrama a bloques del acoplamiento del sensor TCS3200 y Arduino.

Siguiendo el diagrama a bloques de la Figura 4 se realizó un programa en el cual se modifica la frecuencia de salida del sensor TCS3200, para poder procesar la respuesta del sensor con Arduino se utiliza el convertidor de frecuencia a voltaje LM2907, la salida del sensor RGB provee un estado bajo de 0V y un estado alto de 5V, el LM2907 necesita que la señal de entrada tenga un cruce por cero, para poder convertir la frecuencia de la señal a voltaje, por lo cual fue necesario utilizar un restador analógico, para que la salida del sensor TCS3200 tuviera un estado bajo de -2.5V y un estado alto de 2.5V. En la Figura 5 se observa con la ayuda de un osciloscopio las señales de salida del TCS3200 a dos diferentes frecuencias (señal amarilla) y la salida con el convertidor de frecuencia a voltaje (señal azul).

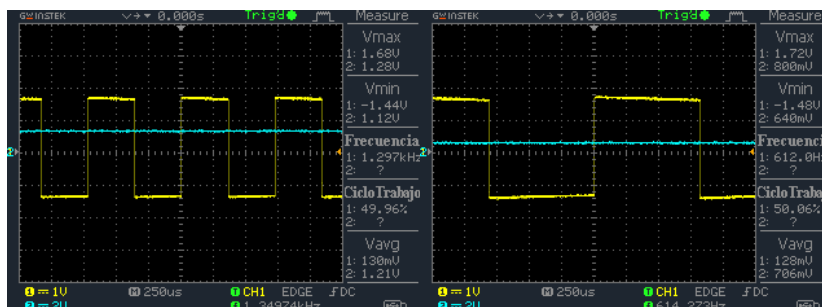


Figura 5. Respuesta en voltaje del sensor TCS3200.

Una vez comprobado el correcto funcionamiento se procedió a realizar un PCB para el acondicionamiento de la señal, en el cual se incluye el restador analógico y el convertidor de frecuencia a voltaje, este PCB se muestra en la Figura 6.

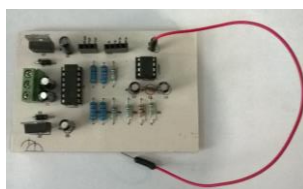


Figura 6. PCB del acoplamiento de la señal de salida del sensor TCS3200 y Arduino.

Desarrollo de la celda de medición para determinar cloro residual en una muestra de agua

La celda de medición fue diseñada en SOLIDWORKS, esta celda está compuesta por dos partes, una base para el sensor TCS3200 y una base portadora de la muestra de agua a analizar la cual está diseñada para poder contener 5 ml de agua para que se pueda agregar el reactivo orthotolidine, para poder determinar el cloro residual

por el método de colorimetría, estas partes se muestran en la Figura 7 (a) y la Figura 7 (b) respectivamente, dichas partes fueron facturadas en una impresora 3D.

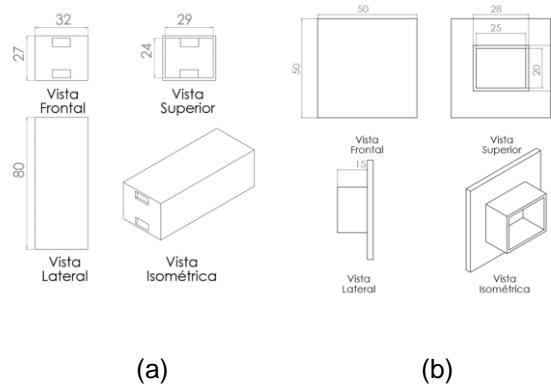


Figura 7. Base para el sensor TCS3200 (a) (mm). Base portador de agua (b) (mm).

La base del sensor TCS3200 y la base portadora de agua encajan de forma vertical, para que se puedan realizar las mediciones de cada muestra con el sensor TCS3200, cabe recalcar que en la parte interior de la base portadora de agua se colocó un espejo, con el objetivo de que se refleje la mayor cantidad de luz al sensor TCS3200. El ensamble de estas dos piezas se muestra en la figura 8, la base para el sensor TCS3200 se muestra en color negro y la base portadora de agua se muestra en color gris, en color exterior de la celda es irrelevante, pero cabe recalcar que el color del interior de la celda de medición debe de ser negro para que no interfiera en la medición del sensor RGB.

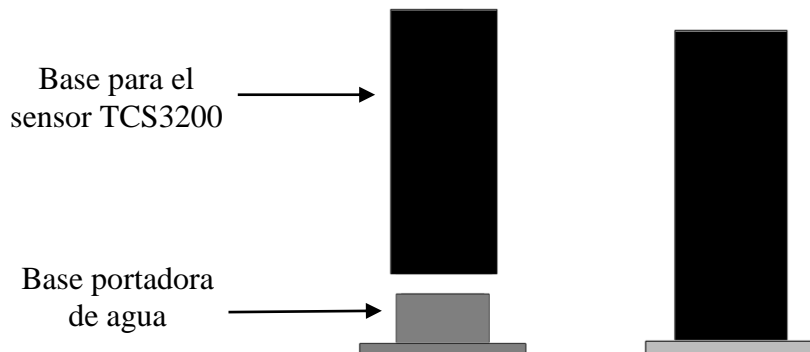


Figura 8. Ensamble de la base del sensor TCS3200 y la base portadora de agua.

Calibración de la celda de medición

Para calibrar el sensor TCS3200 con la celda de medición se utilizaron dos puntos el mínimo cuando incida la menor cantidad de luz al sensor TCS3200 y el punto máximo cuando incida la mayor cantidad de luz al sensor TCS3200, para el formato RGB seria todo (255,255,255) o nada (0,0,0). Para lograr estos máximos y mínimos se puso en funcionamiento la celda de medición, para obtener el mínimo se analizó el valor analógico leído por el Arduino sin la presencia del espejo en la base portador de agua para que incidiera la mínima cantidad de luz al sensor TCS3200 y el máximo se analizó con la presencia de espejo en la base portadora de agua, los valores mínimos obtenidos fueron 35, 33, 43 y los valor máximos obtenidos fueron 306, 335, 440, con estos valor se pudo realizar la calibración para un formato RGB.

Diseño de la interfaz visual

La interfaz visual fue desarrollada en C#, el funcionamiento de esta es básica, primero se genera una comunicación serial con Arduino, en la cual se configura el Baud Rate y el puerto COM, los valores en RGB provenientes del sensor TCS3200 son enviados a la aplicación en un formato separado por comas, para asegurar el correcto funcionamiento, se realizó una prueba la consistía en que en la aplicación visual se generara una "ventana" en la cual se presentara el color que estuviera "viendo" el sensor, esta prueba se muestra la Figura 9, en la cual se puede observar la aplicación visual en funcionamiento y la "ventana" del sensor "viendo" hojas de diferentes colores.

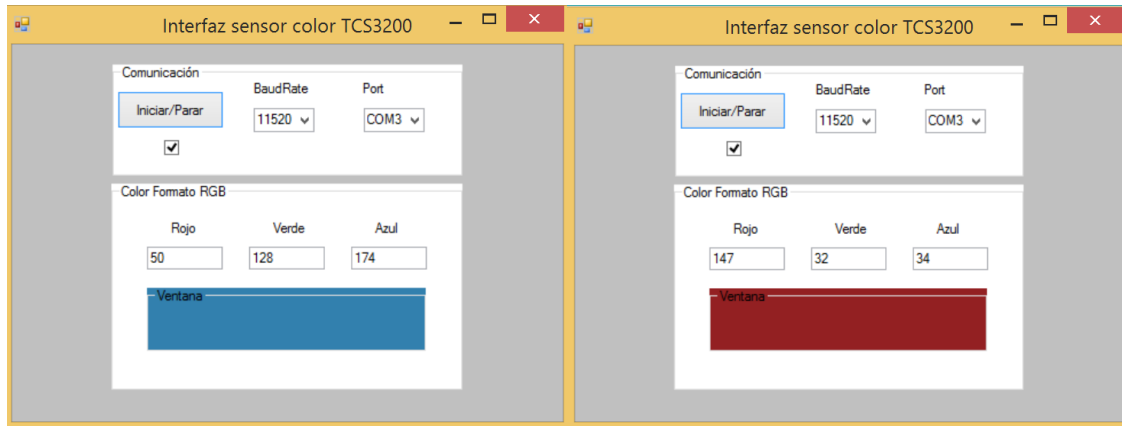


Figura 9. Interfaz visual del sensor de color TCS3200.

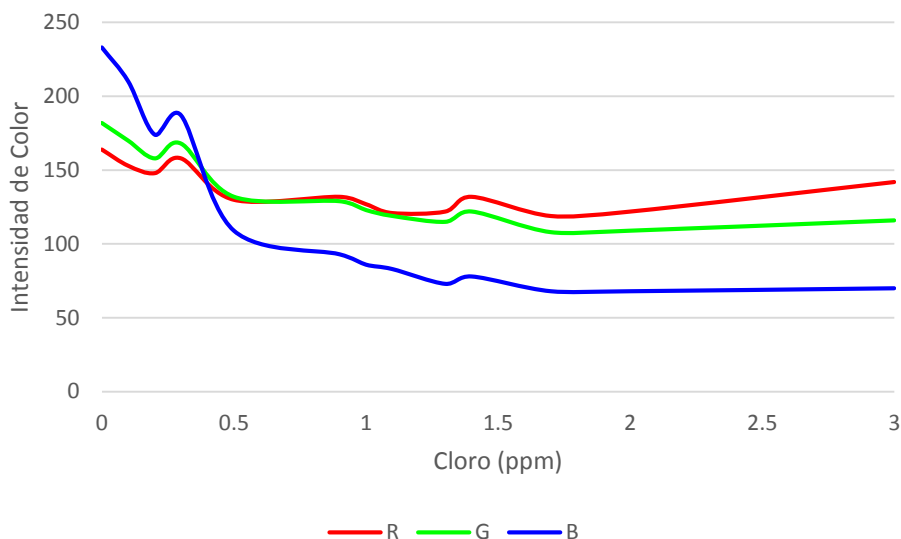
Procedimiento propuesto para poder determinar cloro residual con ayuda de la celda de medición

Se propuso el siguiente procedimiento para poder determinar la respuesta del sensor a la muestra de agua ya con el reactivo a diferentes concentraciones de cloro, este procedimiento se enumera a continuación:

- 1.- Tomar una muestra de agua de 5 ml.
- 2.- Agregar dicha muestra a la base portadora de agua.
- 3.- Agregar 0.25 ml (5 gotas de un dispensador medico) del reactivo orthotolidine a la muestra de 5 ml.
- 4.- Observar y registrar el comportamiento del sensor TCS3200.
- 5.- Repetir los este procedimiento con diferentes concentraciones de cloro residual.

Resultados y discusión

Se realizaron muestras de agua con diferentes concentraciones de cloro, la cantidad de cloro en ppm de cada muestra se obtuvo mediante la fórmula para determinar ppm de cloro en agua[6]. Las muestras obtenidas fueron analizadas con la celda de medición y se registraron los resultados de esta, los cuales se muestran en la Grafica 1, en la cual se observa se observa la intensidad de color en formato RGB a diferentes concentraciones de cloro en ppm.



Gráfica 1. Relación de cloro residual con el sensor TCS3200.

Una vez obtenida la relación entre la intensidad de color en relación con la cantidad de cloro presente en la muestra, se utilizó una red neuronal de tipo spectrum realizada en MATLAB para poder dar un valor cuantitativo de cloro residual por medio de software, los datos de la relación entre la intensidad de color y la presencia de cloro fueron los datos que se utilizaron para entrenar la red, una vez entrenada la red se pasó a realizar las pruebas finales y comparar los resultados que se obtenían con la red neuronal y el valor de cloro residual de las muestras de agua analizadas, en la Tabla 2 se muestran los resultados en la cual podemos observar que tenemos un error de ± 0.1 ppm que para cuestiones de calidad de agua no es un error considerable.

Tabla 2 Comparación de los resultados con la red neuronal.

Cloro (ppm)	Resultado de la Red Neuronal (ppm)
0	0.0095
0.1	0.0920
0.2	0.2579
0.3	0.3000
0.5	0.5208
0.9	0.8649
1	1.0533
1.1	0.9862
1.3	1.3408
1.4	1.4177
1.7	1.7633
2	1.9651
3	2.9550

Trabajo a futuro

Como trabajo futuro se piensa optimizar y hacer más compacto el circuito de acoplamiento, así como mejorar la aplicación visual para que se tengan más herramientas, como por ejemplo guardar resultados, obtener la posición en la cual se tomó la muestra por alguna estrategia de localización y poder enviar registros vía correo electrónico.

Conclusiones

La celda de medición para determinar cloro residual con ayuda de una red neuronal en una muestra de agua muestra resultados aceptables ámbitos de calidad del agua potable, por lo cual podemos decir que es un dispositivo que con algunas adecuaciones podrá ayudar a las personas a determinar un parámetro importante de la calidad del agua,, propone una estrategia diferente y que puede ser de bajo costo en comparación con otros dispositivos electrónicos para determinar cloro residual que se encuentran en el mercado.

Referencias

- [1] H. G. Gorchev and G. Ozolins, "WHO guidelines for drinking-water quality.," *WHO Chron.*, vol. 38, no. 3, pp. 104–108, 1984.
- [2] R. Helmer, *Water Pollution Control*, 1er ed. .
- [3] E. R. Alley, *WATER QUALITY CONTROL HANDBOOK*. .
- [4] Oms, "Medición del cloro residual en el agua," p. 4, 2009.
- [5] F. B. Diagram, "PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER Texas Advanced Optoelectronic Solutions Inc . PROGRAMMABLE," no. 972, pp. 1–14, 2009.
- [6] P. De Inocuidad, E. M. Moreno, and P. Cesvbc, "Manual técnico de desinfección poscosecha Directorio."

IP-cores para Almacenamiento y Despliegado de Imágenes en una Plataforma de Hardware Reconfigurable

U.A. Hernández Sánchez¹, J.C. Delgado Vázquez¹, M.A. García Martínez^{2*}, A. Martínez Sibaja y O.O. Sandoval González

¹MIE, DEPI, Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9 Núm. 852, Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, Mxico.

*gmmario55@gmail.com

Área de participación: Ingeniería Electrónica

Resumen

En este trabajo se proponen tres herramientas de hardware para el procesamiento digital de imágenes. La primera para el manejo de información contenida en los registros de la memoria interna de un FPGA; otra para el despliegado de una imagen en un monitor mediante el estándar de comunicación VGA, y por último una herramienta para el control de memoria RAM externa. Se ha utilizado una tarjeta de desarrollo Nexys 3 de Digilent para implementar los diseños en un FPGA Spartan 6 instalado en la tarjeta. Para el desarrollo de este trabajo se utilizó una resolución de 224x160 píxeles y una profundidad de color de 8-bits por imagen. Primeramente las imágenes deben ser configuradas y almacenadas como una memoria ROM en formato de 8 bits por píxel; posteriormente con el primer bloque el sistema calcula la dirección de memoria que se desea leer y se sincronizan los tiempos generados por el sincronizador VGA. Cuando este sincronizador ha recibido la información, la señal es enviada a través del puerto VGA del dispositivo para visualizar el resultado del proceso.

Palabras clave: IP-core, FPGA, hardware reconfigurable, procesamiento de imágenes.

Abstract

In this work, we propose three hardware tools for digital image processing. The first for the management of information contained in the records of internal memory of a FPGA; another to display an image on monitor by using the communication standard VGA and finally a tool to control external RAM memory. We used a Digilent prototype board Nexys 3 to implement designs on a FPGA Spartan 6 installed on board. For development of this work it was used a resolution of 224x160 pixels and a color depth of 8-bit per image. First, images must be configured and stored as a ROM memory in format of 8 bits per pixel; later with the first block the system calculates the memory address that you want to read and synchronizes times generated by the VGA synchronizer. When synchronizer has received the information, the signal is sent through the VGA port on the device to display the result of the process.

I. INTRODUCCIÓN

El procesamiento de imágenes es un área de investigación de gran relevancia debido a su aportación al desarrollo de nuevas tecnologías y a la gran variedad de aplicaciones en las que se puede utilizar. Sin embargo debido a la gran cantidad de información requerida para representar una imagen, su procesamiento requiere de una alta capacidad computacional. Ante esta situación, los dispositivos de hardware reconfigurable como los FPGAs se han colocado como una alternativa que garantiza buenos resultados y con menor tiempo de procesamiento en comparación con los sistemas basados en software. Esto es posible ya que la tecnología FPGA permite cierto grado de paralelismo, y a que hoy se cuenta con dispositivos con un mayor grado de integración y que operan a velocidades mayores que en el pasado. Además, su reconfigurabilidad permite mayores facilidades en el proceso del diseño. En general, para realizar un procesamiento a una imagen existen dos etapas que son fundamentales: la etapa de almacenamiento y la de despliegado de resultados. Para ello se requiere del uso de núcleos (IP-cores), los cuales cumplan con las funciones mencionadas. Lamentablemente la mayor parte de IP-cores que se utilizan en el manejo de hardware están sujetos a las disposiciones de las empresas fabricantes, por lo que solo se pueden usar mientras el dispositivo sea elaborado por la misma empresa. Esto es una gran desventaja ya que no se puede tener portabilidad, ó sea que no es posible utilizar cualquier FPGA. También existe la desventaja de que la mayoría de los IP-cores para el manejo de hardware existentes en el mercado no son de libre distribución, sino que se necesita adquirir una licencia para utilizarlos, lo cual implica un costo determinado y la imposibilidad de estudiar su comportamiento interno. Por tal razón y a fin de proporcionar ayuda para la resolución de estas necesidades se ha desarrollado este trabajo donde se presentan las herramientas mencionadas y las técnicas de diseño utilizadas.

II. ESTADO DEL ARTE

En el año 2008, J.C. Moctezuma Eugenio [1], realiza una arquitectura FPGA para realizar el proceso de convolución en imágenes en la que utiliza un script en MATLAB para comparar sus resultados. Primero los resultados son calculados en hardware y son regresados a la computadora por medio de la conexión JTAG para ser visualizados. También en 2009, L. Wu [2], realiza el diseño de un IP Core basado en Avalon Bus para adquisición de imágenes. Enfocándose principalmente en la transmisión de datos hacia la computadora.

En noviembre del 2010, P.X. Jiménez Espinosa [3], muestra el diseño e implementación de un sistema de adquisición, compresión y almacenamiento de imágenes empleando VHDL y FPGAs. La etapa de almacenamiento en este proyecto es mediante software. En este mismo año se presenta un aumento del 51% en ingresos para el mercado de FPGAs en México. El mercado de FPGAs se hace competitivo y en algunos casos comienzan a remplazar a los ASIC, no obstante es liderado por el duopolio Altera y Xilinx. En ese mismo año, I. Domínguez Rodríguez [4], propone un sistema de digitalización de señales basado en FPGA pero con una variante, utiliza un acelerómetro de dos ejes y configura el FPGA desde Matlab. También I. Bravo [5] presenta un algoritmo de detección de movimiento implementado en FPGA, y en base al desarrollo de un núcleo PCA. El autor utiliza sensores CMOS comerciales y dispositivos FPGA para la adquisición y proceso de las señales. También usa memoria externa para el almacenamiento de datos, pero aun muestra resultados a través de una PC.

En el siguiente año el mismo I. Bravo [6] vuelve a describir un sistema de procesamiento de imagen basado en una cámara inteligente, cuyos dos elementos principales son, un sensor CMOS y un FPGA, pero este año incorpora un canal de Ethernet para el envío de imágenes procesadas y no procesadas de la FPGA a un nodo remoto el cual sigue siendo una computadora. Cabe mencionar que en este año 2011, fueron tomando mayor importancia las aplicaciones con FPGAs y Sensores CMOS. También se continuaron elaborando publicaciones como la de V. Venugopal [7], en la que se implementa el algoritmo ATST AO, en un sistema basado en hardware. Y la publicación de O. Skorka [8] en la que se investigaron nuevos modos de fabricación de sensores de imagen CMOS, de los cuales se tomaron pruebas a través de un FPGA y se mostraron resultados nuevamente a través de una PC, pero con la peculiaridad de que la comunicación entre la computadora y el FPGA se establecía a través de formato USB.

En 2012 E. Gudis [9] implementa el algoritmo Stereo Denso en un FPGA que es un algoritmo para procesamiento de imágenes, pero específicamente para visión estéreo, utilizando 2 cámaras y mostrando sus resultados a través de una computadora, por medio de software. En el año 2013 O. Ospina [10], muestra un sistema para reconocimiento de imágenes de radar basado en FPGA en el que utiliza el Xilinx CORE Generator™ para configurar el DCM (digital clock manager) y la memoria RAM. Además en el mismo año R. Ruge [11], presenta la evaluación de un sistema de reconocimiento de imágenes utilizando FPGA manteniendo comunicación con la computadora para la adquisición de la información y con una matriz de salida de 7x5 en una placa aparte, pero no en una pantalla VGA. De manera que, considerando los trabajos anteriormente mencionados, en este trabajo se han desarrollado herramientas que permiten hacer procesamiento de imágenes por medio de hardware, independizando del software las etapas de almacenamiento de información y despliegado de la información procesada.

III. HERRAMIENTAS DE ALMACENAMIENTO

La tarjeta Nexys-3 tiene 3 memoria externas: una *Cellular*-RAM de 128Mbit (*pseudo-static* DRAM); una *Parallel non-volatile* PCM (*phase-change memory*) de 128Mbit; y una *serial*-PCM de 128Mbit. También cuenta con 576Kbits de *fast-Block* RAM (memoria interna del FPGA). Evidentemente la memoria interna del FPGA es superada por cualquiera de las 3 memorias externas. Como vemos en la tabla 1, las memorias externas son 222 veces más grandes que la memoria interna del FPGA.

Tabla 1. Recursos de memoria de la Tarjeta Nexys 3

Dispositivo	Capacidad en bits	Capacidad en byte
Cellular RAM	128Mbit	16Mbyte
Parallel PCM	128Mbit	16Mbyte
serial PCM (SPI)	128Mbit	16Mbyte
Block RAM	576Kbit	72Kbyte

A. IP-core para memoria RAM externa.

La *Cellular-RAM* y la *parallel non-volatile PCM* comparten el mismo bus de comunicación de 16 bits pero, la *Cellular-RAM* es direccionable usando la señal de byte superior y byte inferior (MT-UB y MT-LB) soportando datos de acceso de 8 o 16 bits, a diferencia de la *parallel-PCM* que solo puede ser configurada para datos de 16 bits. La *Cellular-RAM* puede operar como una típica memoria RAM asíncrona, con ciclo de lectura y escritura de 70ns. Cuando opera como una típica memoria RAM asíncrona la *Cellular-RAM* refresca automáticamente las matrices de datos, permitiendo utilizar un simple controlador de memoria similar a cualquier controlador SRAM [12]. En modo asíncrono las entradas ADV, CLK, CRE se mandan a cero y el Puerto WAIT puede ser ignorado. Ver figura 1.

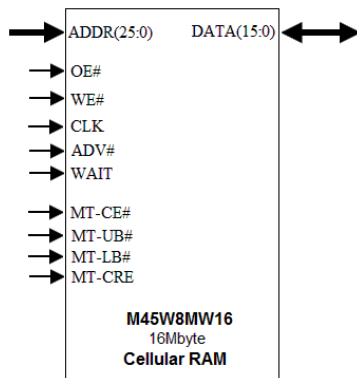


Figura 1. External cellular RAM

Tabla 2. Configuración de memoria SRAM en modo asíncrono

PUERTO	CONFIG.	DESCRIPCIÓN
ADDR	(25:0)	Dirección de memoria
OE#	'0' ó '1'	Output enable
WE#	'0' ó '1'	Write enable
CLK	'0'	Entrada de Reloj (transferencia síncrona)
ADV#	'0'	Address valid (transferencia síncrona)
WAIT	'X' NI	Bit de espera (transferencia síncrona)
MT-CE#	'0'	Chip enable (Cellular RAM)
MT-UB#	'0'	Upper-Byte
MT-LB#	'0'	Lower-Byte
MT-CRE	'0'	Control register enable (transferencia síncrona)
DATA	(15:0)	Dato
P30-CE#	'1'	Chip enable (Parallel PCM)

Las señales de *output enable* (OE) y *write enable* (WE) son compartidas por ambos dispositivos (la *Cellular-RAM* y *parallel-PCM*) pero cada una tiene su propia señal de *chip enable* (CE). Si se requiere habilitar la *Cellular-RAM* o la *parallel-PCM* se logra mandando la señal de (CE) de cualquiera de ellas a cero. Luego entonces la señal de (CE) de la memoria no seleccionada se manda a "1" para estar seguro de que se ha deshabilitado. En la tabla 2 se muestra la configuración en modo asíncrono de la memoria RAM externa.

B. IP-core para memoria ROM.

Una memoria ROM (*read-only memory*), como su nombre lo dice, es un tipo de memoria de la cual no podemos modificar los datos almacenados, solamente leerlos. De este modo un controlador para una memoria ROM, se encargara solo de leer los datos cargados en la memoria ROM y sincronizar el barrido de ellos en un proyector con estándar VGA. En principio los datos contenidos en la memoria ROM deben declararse como una matriz de $n*m$, con los valores de color de una imagen determinada. Sin embargo lo más común para todos nosotros es tener una imagen en formato RGB. El modelo RGB está compuesto por 3 matrices de colores (rojo, verde y azul), con los que es posible representar cualquier color, mediante la mezcla aditiva de estos tres colores primarios. Nótese que cada pixel está formado por 3 niveles de color de 8 bits, de tal manera que solo un pixel está compuesto por 24 bits, como se ejemplifica en la ecuación 1, donde los bits con la letra R representan el nivel de color rojo, los que tienen G representa el nivel en verde y los que tienen B al color azul.

$$Pixel\ RGB = \{ [R7, R6, R5, R4, R3, R2, R1, R0]; [G7, G6, G5, G4, G3, G2, G1, G0]; [B7, B6, B5, B4, B3, B2, B1, B0] \} \tag{1}$$

Sin embargo los recursos de la tarjeta Nexys 3 nos limitan a poder mostrar solo 8 bits por pixel. Pues bien el FPGA puede manejar datos de mayor tamaño, el puerto VGA de la tarjeta solo maneja 8 bits por pixel, por tal razón la composición de los colores se debe enviar de acuerdo con la ecuación 2, utilizando 3 bits para el color rojo, 3 bits para el verde y 2 bits para el azul.

$$Pixel\ requerido = [R2, R1, R0, G2, G1, G0, B1, B0] \tag{2}$$

Esto significa que para obtener el equivalente en 3 bits de cada pixel se deben aplicar las operaciones de las ecuaciones 3, 4 y 5 respectivamente.

$$Dec2bin \left\{ \frac{Bin2dec [R7,R6,R5,R4,R3,R2,R1,R0]_2}{255_{10}} * 7_{10} \right\} = [R2, R1, R0]_2 \quad (3)$$

$$Dec2bin \left\{ \frac{Bin2dec [G7,G6,G5,G4,G3,G2,G1,G0]_2}{255_{10}} * 7_{10} \right\} = [G2, G1, G0]_2 \quad (4)$$

$$Dec2bin \left\{ \frac{Bin2dec [B7,B6,B5,B4,B3,B2,B1,B0]_2}{255_{10}} * 3_{10} \right\} = [B1, B0]_2 \quad (5)$$

De este modo la memoria ROM contendrá una matriz de datos de 8 bits por pixel. De una manera más simple, si consideramos que la lógica de programación ocupara al menos el 50% de la capacidad total de la memoria, el diseño de la memoria ROM podría abarcar una resolución máxima de 224x160 pixeles. Sin embargo se pueden ocupar resoluciones más pequeñas como 27x28 pixeles, para evitar saturar la memoria.

Aún cuando las ecuaciones no son tan complicadas, se debe recordar que el mismo procedimiento se tiene que aplicar a una imagen de resolución 224x160 con 35,840 pixeles, provocando que la tarea de configurar los pixeles sea bastante tediosa. Por lo cual se recomienda realizar un programa destinado a realizar esta tarea o bien establecer un patrón que sea fácil de verificar. Ahora bien, para declarar la memoria en VHDL es importante especificar claramente el tamaño de los datos de salida en 8 bits o sea (7 *downto* 0) y también señalar el número total de datos o de direcciones posibles en la declaración de puertos de la entidad, además de incluir la librería *use ieee.std_logic_unsigned.all*; Si se observa en el código fuente 1 para cargar la ROM con una imagen, se tiene que declarar una constante de tipo matriz. Utilizar (*NATURAL range<>*) para que la cuenta comience a partir de 0, hasta el máximo especificado en la aplicación. De otro modo el primer pixel en leerse sería el último.

```
architecture Behavioral of imagen_ROM is
  type rom_type is array (NATURAL range <>) of std_logic_vector(7
  downto 0);
  constant ROM: rom_type:=
  (X"E0",X"E0",X"E0",X"E0",X"E0",X"E0",X"E0",X"E0");
  begin
  process (clk, addr)
  begin
    if clk'event and clk='1' then
      dout <= ROM(conv_integer(addr));
    end if;
  end process;
```

Figura 2. Código fuente para la Imagen_ROM.

Este bloque es el encargado de almacenar la información de color de una imagen y asignarle una dirección, que podrá ser utilizada en el momento en que el controlador lo requiera. De acuerdo con lo anterior el controlador de la memoria tendrá que generar las direcciones de memoria y coordinar los datos con los tiempos de sincronización, a fin de que al enviar los datos al proyector éstos se escriban en la posición correcta. Para calcular la dirección de memoria que se desea leer, el controlador debe realizar la operación de la ecuación 6. La razón es que el sincronizador manda solamente el número de pixeles y el número de líneas de manera similar a coordenadas, mientras que la memoria asigna un número sucesivo a cada elemento desde 0 hasta el máximo especificado.

$$\text{No. Pixel} + \text{No. Línea} * (\text{Longitud de línea}) = \text{Dirección de memoria} \quad (6)$$

IV. HERRAMIENTA DE DESPLEGADO

Para el control por estándar VGA primero se debe conocer que los tiempos de sincronismo para cada resolución están definidos por cada fabricante. Uno de los estándares más utilizados es el definido por la *Video Electronics Standards Association* o VESA (Asociación para estándares electrónicos y de video) la cual ha hecho estándares relacionados con funcionalidades de vídeo en periféricos para IBM PC y compatibles, como conectores, BIOS o características de la frecuencia, transmisión y sincronización de la imagen. En este estándar está definido que para una resolución de 640x480 (307200 pixeles) el tiempo de repetición de una pantalla completa sea de 60 veces por segundo (60Hz). Y que la frecuencia a la que se debe enviar cada pixel debe de ser de 40ns (25MHz). Cada señal de sincronismo contiene la información de los pixeles más 2 tiempos de espera adicionales, uno al principio (*back porch*) y otro al final (*front porch*). La tabla 4 muestra ejemplos de estos tiempos de sincronismo propuestos por VESA y tomados de [13].

Tabla 4. Tiempos de sincronismo

Formato	Clock MHz	Sincronismo Horizontal				
		Front porch	Video Activo	Back porch	Time off	Total
640x480@60Hz	25.175	16	640	48	96	800
800x600@60Hz	40.000	40	800	88	128	1056
800x600@72Hz	50.000	56	800	64	120	1040
1024x768@60Hz	65.000	24	1024	160	136	1344
1024x768@75Hz	75.000	24	1024	144	136	1328
Sincronismo Vertical						
640x480@60Hz	25.175	11	480	31	2	524
800x600@60Hz	40.000	1	600	23	4	628
800x600@72Hz	50.000	37	600	23	6	666
1024x768@60Hz	65.000	3	768	29	6	806
1024x768@75Hz	75.000	3	768	29	6	806

Tabla 5. Frecuencias de división del reloj de 100 Mhz.

Q(i)	Frecuencia(Hz)	Periodo(ms)
i	100,000,000	0.00001
0	50,000,000	0.00002
1	25,000,000	0.00004

Para la resolución que nos interesa de 640x480 el reloj debe de ser de 25.175 MHz, pero podemos utilizar un reloj de 25MHz, el cual algunas tarjetas traen configurado sin necesidad de hacer divisor de frecuencia. La tarjeta Nexys 3 tiene un reloj de 100 MHz, así que es necesario hacer un divisor de frecuencia para obtener la que requerimos. El divisor se puede hacer de diferentes formas, pero una de las más utilizadas es la estructura de un contador. Tomando en cuenta que la tarjeta Nexys 3 tiene un *master clock* de 100 MHz, se deduce que, para obtener la frecuencia de 25MHz que necesitamos, debemos utilizar la frecuencia del bit 1, como se muestra en la Tabla 5.

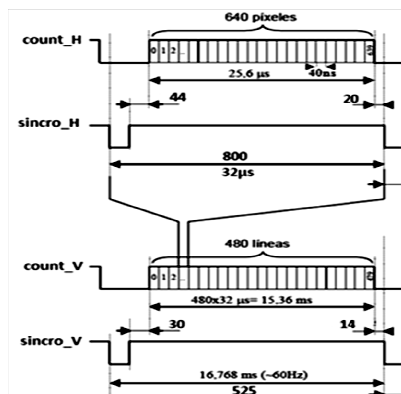


Figura 2. Tiempos del sincronizador VGA.

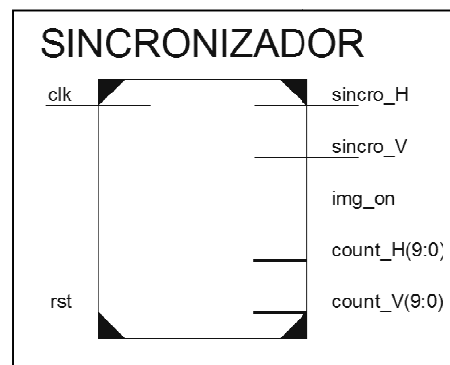


Figura 3. Señales de tiempos del sincronizador VGA.

La señal *clk* de 25 MHz es la frecuencia base del sincronizador VGA, y de la cual se obtienen todas las señales de sincronismo necesarias. Como veremos, el sincronizador está diseñado para que envíen los valores de cada pixel mediante 2 señales de sincronismo, una que indica el envío fila por fila (sincronismo horizontal) y otra que indica el envío de una pantalla (sincronismo vertical), además de incluir los contadores que indican el pixel y la fila en que se debe colocar el dato enviado. La figura 2 muestra las señales que genera el sincronizador y en la figura 3 se muestran los puertos del sincronizador. La tabla 6 describe los puertos de la entidad.

Tabla 6. Puertos de la entidad de Sincronismo

Puerto	Bits	I/O	Descripción
clk	1	I	Señal de reloj de 25MHz.
rst	1	I	Señal de reset asíncrono.
count_H	10	O	Contador horizontal. Cuenta los píxeles de cada línea.
count_V	10	O	Contador vertical. Cuenta las líneas de cada pantalla.
img_on	1	O	Imagen activa. Indica con '1' si el módulo está enviando un píxel a la pantalla o si esta en tiempo de sincronismo.
sincro_H	1	O	Sincronismo horizontal. Indica el cambio de fila.
sincro_V	1	O	Sincronismo vertical. Indica el cambio de pantalla.

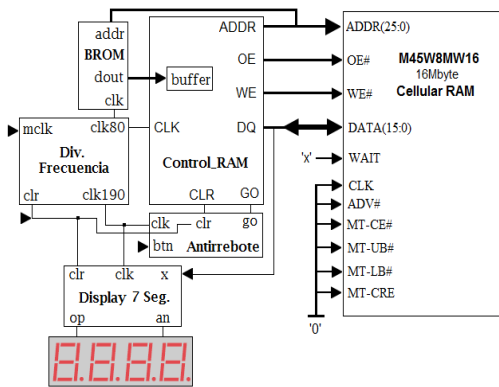
V. PRUEBAS Y RESULTADOS

A. Pruebas para IP-core de memoria externa.

Este IP-core se ha diseñado tomando en cuenta la configuración ya mencionada, los tiempos de lectura y escritura, el tipo de información que se va a manejar y la forma en que se va a presentar. Así el circuito consta de 5 módulos encargados de realizar cada una de las tareas necesarias para el correcto funcionamiento de la memoria SRAM.

El primer módulo es un divisor de frecuencia que establezca los tiempos de lectura y escritura en 80ns, que es un periodo muy aproximado a los 70ns que requiere el dispositivo. Igualmente genera las señales de tiempo a una frecuencia de 190 Hz para el *display* de 7 segmentos. Como dispositivo de entrada se ha usado una memoria ROM, de la cual se toman los datos que se ingresarán a la *Cellular-RAM*. Además, un circuito antirebote encargado de suprimir los ruidos causados por el accionamiento mecánico de los *push-buttons* de la tarjeta Nexys3. Luego un módulo controlador de *display* a 7 segmentos como medio de visualización de funcionamiento. Finalmente un módulo de administración, dispuesto para la regulación, coordinación y configuración de todos los módulos implicados. La figura 4 muestra la estructura del IP-core para memoria RAM, en un diagrama a bloques.

Tabla 7. Espacio de memoria usada por configuración de resolución



Resolución	27x28	224x160	240x160	640x480
Pixeles	756	35,840	38,400	307,200
Memoria	6.048 Kbits	286.72 Kbits	307.2 Kbits	2.4576 Mbits

Figura 4. Diagrama bloques del IP-core para memoria RAM

B. Pruebas para IP-core de memoria ROM.

Para comenzar tenemos que señalar que la resolución máxima que podemos lograr con la *fast Block RAM* del FPGA es de 224x160, luego entonces si queremos manipular imágenes de mayor resolución será necesario recurrir a memoria externa. La tabla 7 contiene la relación entre resolución y espacio de memoria requerido. En principio se cargó una imagen de resolución 27x28, para manejar los datos fácilmente y para no saturar la memoria con los datos de la ROM, en lugar de la lógica de programación. La figura 5 es la primera imagen que se cargó en la memoria, por la ventaja de estar compuesta en su mayoría por 2 colores primarios (rojo y azul). Por ser una imagen pequeña se tuvo que rellenar los pixeles restantes de cada línea con algún color, para así evitar que la imagen se defasara. En este caso se rellenó de color rojo como se logra notar en la figura 6.



Figura 5. Imagen de resolución 27x28 pixeles

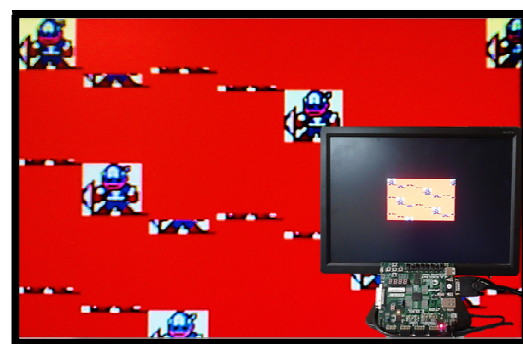


Figura 6. Primera imagen cargada en la *fast Block RAM*



Figura 7. Imagen de resolución 224X160 pixeles.

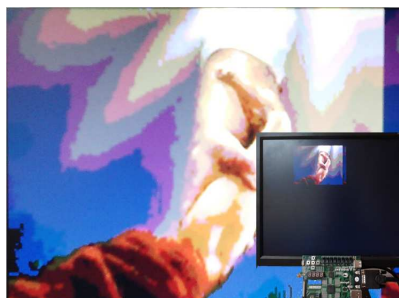


Figura 8. Segunda imagen cargada en la fast Block RAM

A continuación se cargó la memoria con la imagen de 224x160, del mismo modo en que se declaró la anterior, pero ahora utilizando todas la direcciones de memoria disponibles en la *fast Block RAM* de la tarjeta Nexys 3. Por otra parte esta imagen está compuesta por diversas combinaciones de color dentro del rango que se puede obtener con 8 bit por pixel, mientras que la anterior simplemente tenía colores como azul, rojo, negro y blanco sin degradación. Como veremos en la figura 7 la nueva imagen no solo contiene una amplia gama de tonalidades, sino que también presenta una textura con iluminación en la parte superior derecha de la misma. Hasta cierto punto la imagen desplegada en la pantalla será menos nítida, a consecuencia de la disminución de bits por color que se explicó anteriormente. Sin embargo no se pierde el sentido gráfico de la imagen. En la figura 8 podemos ver proyectada la segunda imagen que se declaró en la *fast Block RAM* del FPGA, implementada con la intención de mostrar imágenes con mayor profundidad de color.

C. Pruebas del IP-core sincronizador VGA.

Para comprobar el funcionamiento de la entidad se definieron constantes de diferentes colores en los pixeles que se seleccionan por medio del accionamiento de *switches*. Es decir que en el programa podemos poner diferentes condiciones, para que cuando “*img_on*” sea ‘1’ se activen las combinaciones de color que hayamos sujerido. Gráficamente sería crear una entidad semejante a las de la figura 9, llamada “LINEAS” y hacer la instanciación con el sincronizador VGA. El bloque “LINEAS” puede observarse, tiene un puerto para hacer los cambios en la estructura del mosaico de colores a partir de las condiciones establecidas por el usuario. El puerto “cambios”, será una entrada directa de los *switches* de la tarjeta solamente para indicar qué combinación de colores utilizará el programa. Las combinaciones contenidas en el módulo “LINEAS” son una relación aleatoria de números que como veremos, representan colores sólidos ordenados por el programa, de tal manera que visualmente se obtienen líneas de colores en diferente espesor. Cada combinación esta asignada de acuerdo con el puerto VGA de 8 bits de la tarjeta Nexys 3 y regulada por los contadores de pixeles y filas como se observa en la figura 10.

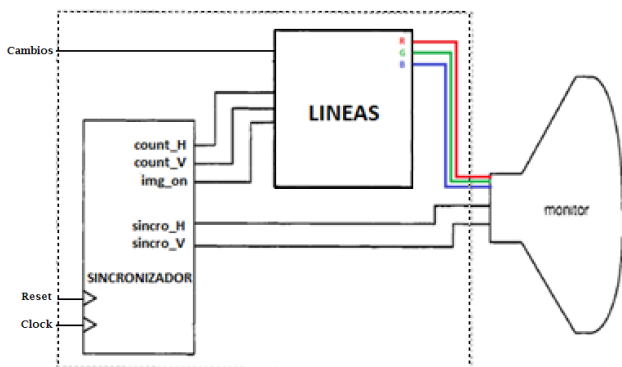


Figura 9. Diagrama a bloques del circuito “LINEAS”.

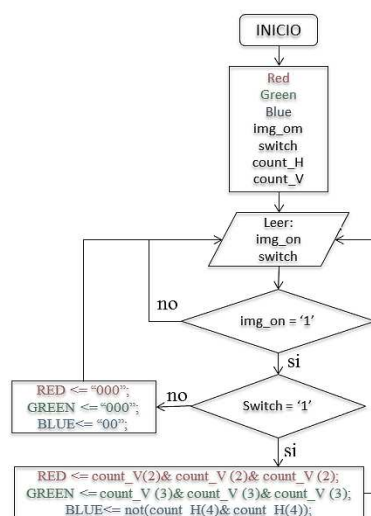


Figura 10. Diagrama de flujo de la entidad “LINEAS”.

VI. CONCLUSIONES

Se han implementado en este trabajo tres IP-cores como herramientas de hardware en FPGA para el diseño de sistemas de procesamiento de imágenes. Se ha usado la herramienta ISE WebPack de Xilinx para realizar la descripción con VHDL, la síntesis y la simulación de los componentes. Además se utilizó una tarjeta de desarrollo Nexys 3 de Digilent que cuenta con un FPGA Spartan 6 para la implementación física. Se implementaron dos IP-cores para el manejo y control de la memoria interna y externa al FPGA como ya se ha descrito. Además se diseñó e implementó un IP-core para el manejo del puerto VGA de la tarjeta.

La verificación de nuestros diseños se realizó inicialmente con una serie de simulaciones en la plataforma ISE WebPack a cada uno de ellos de manera individual. Posteriormente ya implementados en el FPGA, se grabaron archivos que representaban las imágenes en la memoria del FPGA y se visualizaron en una monitor VGA conectado al puerto correspondiente en la tarjeta Nexys 3.

Apartir de los resultados que se obtuvieron queda claro que es posible mostrar una imagen con resoluciones menores a 224x160 pixeles en un proyector VGA, utilizando la memoria BRAM del FPGA. Así mismo se ha comprobado que para poder manejar imágenes con mayor resolución es necesario recurrir a memoria externa.

Finalmente hemos de comentar que estas herramientas serán bastante útiles para el diseño por hardware de sistemas de procesamiento de imágenes, ya que podrán ser usadas como componentes para diseños más complejos.

REFERENCIAS

- [1] J.C. Moctezuma, M. O. Arias, R. Cumplido. "Arquitectura Fpga Parametrizable Para Convolución De Imágenes". XIV Iberchip Workshop. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Departamento de Ciencias Computacionales. Puebla, México, 20 – 22 de Febrero, 2008.
- [2] L. Wu, W. Ding. "Design and Realization of Image Acquisition IP Core Based on Avalon Bus". Proceedings of the 2009 International Workshop on Information Security and Application (IWISA 2009). Qingdao, China, November 21-22, 2009.
- [3] P. X. Jiménez Espinosa, I. Bernal. "Diseño e implementación de un sistema de adquisición, compresión y almacenamiento de imágenes empleando VHDL y FPGAs". Escuela Politécnica Nacional. Campus Politécnico "J. Rubén Orellana R.". Nov-2010.
- [4] I. Domínguez-Rodríguez, F. E. Hernández, M. L. Ruiz. "Sistema de digitalización de señal basado en FPGA y configurado utilizando MatLab". Científica, Vol.14 Núm. 3, pp. 129-135, julio-septiembre 2010. ESIME Instituto Politécnico Nacional MÉXICO.
- [5] I. Bravo, M. Mazo, J. L. Lázaro, A. Gardel, P. Jiménez, D. Pizarro. "An Intelligent Architecture Based on Field Programmable Gate Arrays Designed to Detect Moving Objects by Using Principal Component Analysis". Article Sensors 2010, Open Access.
- [6] I. Bravo, J. Balañas, A. Gardel, J. L. Lázaro, F. Espinosa, J. García. "Efficient Smart CMOS Camera Based on FPGAs Oriented to Embedded Image Processing". Article Sensors, Open Access. 2011.
- [7] V. Venugopal, K. Richards, S. Barden, T. Rimmele, S. Gregory, L. Johnson. "Accelerating Real-time processing of the ATST Adaptive Optics System using Coarse-grained Parallel Hardware Architectures". International Conference on Engineering of Reconfigurable Systems and Algorithms. Páginas 296-301, 2011.
- [8] O. Skorka, J. Dileepan. "Design and Fabrication of Vertically-Integrated CMOS Image Sensors". Department of Electrical and Computer Engineering, University of Alberta, Edmonton, Canada. Article Sensors, Open Access, 2011.
- [9] E. Gudis, G. van der Wal, S. Kuthirummal, S. Chai. "Multi-Resolution Real-Time Dense Stereo Vision Processing in FPGA". 2012 IEEE 20th International Symposium on Field-Programmable Custom Computing Machines. Toronto.
- [10] J. P. Osorio Ospina, M. Osorio Cárdenas. "Implementación en FPGA de un sistema para reconocimiento de imágenes provenientes de un radar rascan". Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Electrónica, Circular 1 No. 70-01, Medellín, Colombia. 7-sep-2013.
- [11] I. Adonayt Ruge Ruge, J. D. Alvarado. "Sistema basado en FPGA para la evaluación de redes neuronales orientadas al reconocimiento de imágenes". Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 05-2013
- [12] Digilent ©. "Nexys3™ Board Reference Manual". Doc: 502-182. Revision: April 3, 2013. <https://www.digilentinc.com/>.
- [13] Felipe Machado Sánchez, S. Borrero, C. Rodríguez. "Diseño De Sistemas Digitales Con VHDL". Departamento de tecnología Electrónica. Universidad Rey Juan Carlos. Versión 1.00 creada el 28 de octubre de 2011.

Sistema de reconocimiento de gestos utilizando señales EMG para aplicaciones de control de prótesis biónicas y exoesqueletos de mano

Carlos Alberto Aguilar Lazcano^{1*}, Oscar Osvaldo Sandoval Gonzalez¹, José Antonio Díaz Reyes, Ignacio Herrera Aguilar, Albino Martínez Sibaja

*Instituto Tecnológico de México Campus Orizaba, DEPI, Orizaba, Veracruz México,
Oriente 9 No. 852, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Ver., México*

Área de participación: Ingeniería Electrónica

Resumen.

En este artículo se presenta un sistema de reconocimiento de gestos utilizando señales EMG con la finalidad de que pueda ser aplicado en el control de fuerza-posición de prótesis biónicas de la mano. Para la realización del sistema se hicieron una serie de experimentados basados en el uso de Redes Neuronales Artificiales a través de la utilización de señales electromiográficas, haciendo uso de amplificadores de instrumentación, convertidores AD (ADC) de 12 bits de resolución, un microcontrolador Atmel ARM de 32 bits, sensores de flexión para medir la posición de los dedos de la mano y de fuerza para posteriormente ser analizadas y procesadas para entrenar el algoritmo de inteligencia artificial que será el encargado de interpretar los datos obtenidos.

Palabras clave: EMG, Control Fuerza-posición, exoesqueletos, procesamiento de señales, inteligencia artificial

Abstract.

This Article presents a gesture recognition system based on EMG applied to force-position control. for the emg interpretation the was used a neural network algorithm, op-amps, 12 bits resolution AD converters, a microcontroller Atmel ARM 32 bits, flex and force sensors to measure the position and the force of the hand fingers, to be analyzed and processed to train an artificial intelligence algorithm responsible for interpreting the data.

Introducción.

El desarrollo de prótesis activas es muy importante para la gente que sufre alguna discapacidad como inmovilidad o pérdida de un miembro que según el instituto nacional de estadística y geografía (INEGI) representa el 5.1% de la población mexicana [1].

Los diseños actuales de exoesqueletos de extremidades superiores actúan de manera pasiva, es decir que su rutina solo es programada desde una computadora por un fisioterapeuta sin alentar al paciente a realizar el movimiento. El desarrollo de un sistema de adquisición de señales electromiográficas y el uso de un algoritmo de redes neuronales que interprete la información obtenida, crearía un sistema de rehabilitación activo que puede mejorar de forma significativa el funcionamiento de un exoesqueleto y así obtener mejores resultados de la rehabilitación del usuario.

La electromiografía (EMG) es una técnica experimental que trata del registro y análisis de las señales bioeléctricas que se forman por las variaciones fisiológicas en el estado de membranas de fibra muscular. Sus aplicaciones son en los estudios fisiológicos y biomecánicos. La EMG es una herramienta de investigación aplicada usada en la fisioterapia/rehabilitación, la capacitación y la interacción con productos industriales. Los beneficios de trabajar con las señales emg es que permiten observar de manera directa la actividad eléctrica muscular, con lo cual se obtiene una medición del desempeño del musculo, y poder así personalizar las terapias de entrenamiento y ayudar a los pacientes con una terapia neuromuscular.

Estado del arte.

Control de un robot a través de gestos de la mano y el brazo.

No importa que tan capaz sea un robot si su efectividad está limitada a la habilidad que pueda tener una persona para controlarlo. En el laboratorio de propulsión a chorro (Jet Propulsion Laboratory, JPL) han estado trabajando en un nuevo sistema de control basado en gestos humanos, este sistema se llama BioSleeve y cuenta con sensores de

electromiografía, acelerómetros y magnetómetros que interpretan los gestos realizados con la mano y el brazo obteniendo un control intuitivo del robot.

BioSleeve es una banda elástica que cubre parte del antebrazo y que incluye 16 sensores de electromiografía y un par de acelerómetros, los cuales detectan los movimientos del musculo en el brazo y en la mano, en tiempo real, esto quiere decir que BioSleeve puede decir cuándo y cuánto se mueve el brazo, la mano y los dedos (de forma individual). Esto permite realizar gestos y que el robot responda a ellos con un sistema de reconocimiento de gestos que no dependa de la visión artificial o de un sensor exterior [2].

Robot exoesqueleto de mano manejado con señales EMG para rehabilitación de sujetos con accidentes cardiovasculares.

En el departamento de tecnología de la salud e informática (department of Health tecnology and informatics) de la universidad politécnica de Hong Kong desarrollaron un exoesqueleto robótico para la rehabilitación de mano en personas afectadas por accidentes cardiovasculares. El robot exoesqueleto está pensado para ayudar a mejorar los movimientos de abertura y cerrado mediante una terapia de rehabilitación.

El exoesqueleto está formado por un módulo de mano robótica, electrodos para electromiografía, un módulo de control de motores, un transmisor inalámbrico, una batería y un sistema de control remoto inalámbrico. El robot exoesqueleto hace uso de las señales electromiográficas superficiales (EMG) que son producidas por los músculos de la mano en los movimientos de apertura y cierre.

El módulo de mano robótica consta de 5 dedos y una plataforma para apoyarlos, cada dedo es accionado por un actuador lineal y proporciona dos grados de libertad para cada uno. Los dedos tienen un movimiento de extensión total a flexión total de 55 grados. El sistema sin carga pasa de abierto a cerrado y viceversa en 2 segundos. Un microcontrolador Microchip se utiliza para controlar todos los actuadores y monitorear las señales EMG. Los electrodos están colocados en los dos grupos principales que son: el abductor corto del pulgar y el extensor de los dedos, el primero se emplea para controlar el cierre de la mano mientras que el segundo controla la apertura de esta [3].

Metodología.

Adquisición de señales EMG.



Figura 1: Muscle sensor v3

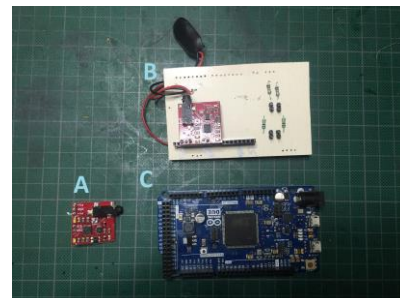
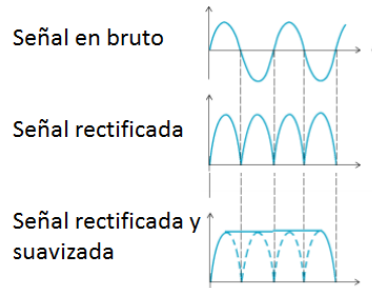


Figura 2: Tarjeta de adquisición de datos a) Muscle sensor b) Shield c) Arduino DUE.

El sistema de adquisición de señales EMG que se utilizó es el Muscle Sensor versión 3 [4] que se puede ver en la Figura 1. **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, ya que cuenta con unas medidas de 2.54 x 2.54 cm, está especialmente diseñado para trabajar con microcontroladores, trabaja con un voltaje positivo de 9v y un voltaje negativo de -9v y cuenta con un conector común de 3.5 mm para conectar los electrodos, lo cual simplifica las conexiones.

Las ventajas de trabajar con estos módulos de adquisición de señales EMG son que entregan una señal rectificada y suavizada lo que facilita la interpretación de la señal obtenida. En la Gráfica 1 se puede ver el proceso por el que pasa la señal antes de ser enviada al microcontrolador.



Gráfica 1: procesamiento de la señal EMG del muscle sensor v3 (Muscle sensor datasheet)[4]

Procesamiento de las señales EMG.

El sistema requiere procesar dos señales EMG diferentes por lo cual se emplearon dos tarjetas Muscle Sensor v3 que se muestran en la Figura 2 a) estos van colocados en el Shield que se ve en la Figura 2 b) Las señales procesadas por son convertidas a su valor discreto empleando una tarjeta de desarrollo Arduino DUE Figura 2 c), la cual cuenta con 12 convertidores analógico-digital de 12 bits de resolución.

Experimentación.

Empleando el Muscle sensor y las interfaces de comunicación de la tarjeta Arduino DUE, C# y Matlab, se reacondicionaron de tal manera que fuera posible recibir los valores de la señal EMG en tiempo real.

Haciendo una revisión de los primeros datos obtenidos se observó que el tamaño de las muestras era muy grande, además de que poseían una cantidad diferente de información, lo cual dificulta el procesamiento de las muestras, por lo que se desarrolló un algoritmo para muestras independientes del tiempo (AMIT) capaz de reducir el número de datos de las muestras, sin que esta pierda sus propiedades. Para hacerlo, se ingresa la información obtenida al algoritmo, éste obtiene el número de datos y las divide en el número de muestras deseado, dejando así una señal que conserva su forma característica pero con menos información, para que sea más fácil de analizar. En la Figura 3 se puede ver una comparación entre la señal original que contiene 8×10^5 muestras mientras que la procesada con el algoritmo tiene 100.

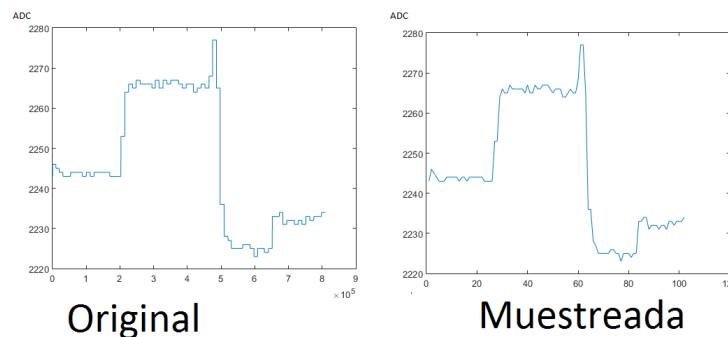


Figura 3: Comparación entre la señal original con la procesada por el algoritmo de muestreo

Experimento 1



Figura 4: Posición de referencia

Se colocaron un par de electrodos en los músculos flexores de mano y braquiorradial en un sujeto de pruebas, al cual se le pidió hacer una serie de ejercicios. La posición de referencia para los ejercicios es colocar el dorso de la mano sobre una superficie plana como se muestra en la Figura 4. Partiendo de la posición de referencia el sujeto realizó los movimientos de flexión de los dedos (índice, medio, anular y meñique), oposición de pulgar, flexión de muñeca y apertura y cierre del puño. Cada uno de estos movimientos fue repetido 15 veces. La información obtenida fue procesada con el AMIT. En la Figura 5 a) y b) se pueden ver los ejemplos de los movimientos de flexión de muñeca y oposición de pulgar con sus respectivas gráficas.

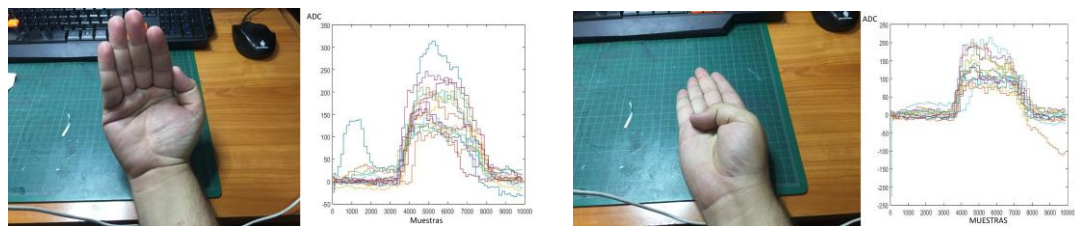


Figura 5: a) Flexión de muñeca

b) oposición de pulgar.

Experimento 2.

La información obtenida de las pruebas anteriores no fue suficiente para poder distinguir una señal de otra, por lo cual se repitió el experimento pero ahora empleando dos canales de electromiografía. Para el canal uno los electrodos se colocaron en la muñeca y para el canal dos los electrodos se colocaron en el antebrazo como se puede ver en la Figura 6

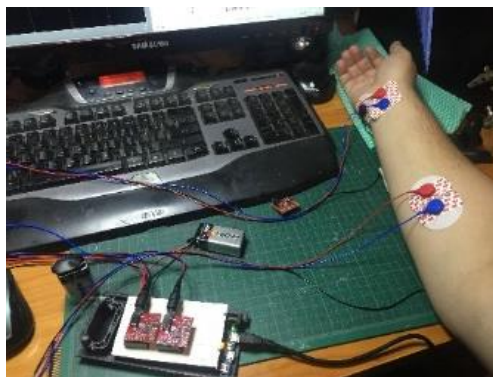


Figura 6: Electrodo colocado en los músculos flexores de mano y en el musculo braquiorradial.

Para esta prueba se repitieron los movimientos del experimento anterior con las mismas repeticiones. En la Figura 7 a) y b) se pueden ver los resultados de la prueba con los movimientos flexión de mueca y oposición de pulgar.

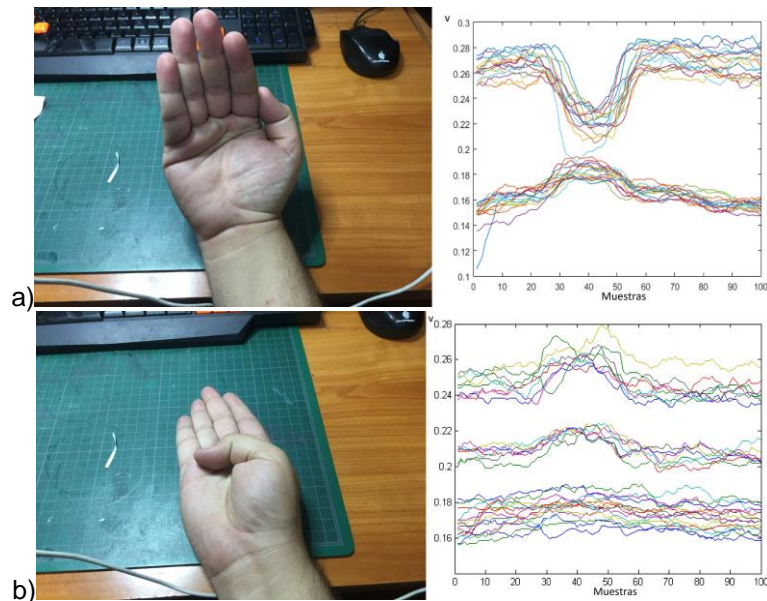
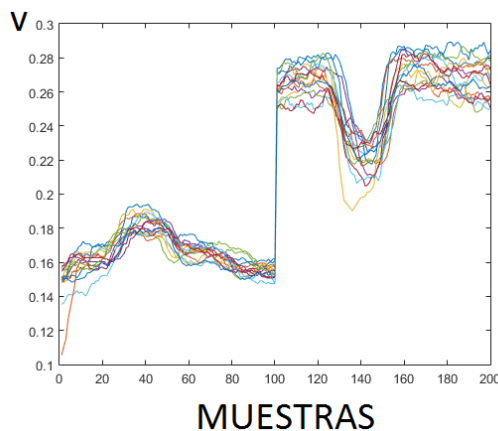


Figura 7: Resultados del experimento con dos canales EMG. a) Flexión de muñeca b) oposición de pulgar

Los primeros diez datos obtenidos de este segundo experimento se utilizaron para entrenar una red neuronal y los 5 restantes se emplearon para ingresarlos a la red y probar si esta funcionaba e identificaba cada uno de los movimientos según la señal electromiográfica.

Para ingresar los datos al entrenamiento en la red neuronal se concatenaron los valores de las muestras, es decir que se introdujeron primero las 100 muestras del canal uno seguidos por las 100 muestras del canal dos obteniendo un solo arreglo de 200 datos. En la Gráfica 2 se muestra un ejemplo con el movimiento de flexión de muñeca, lo mismo se realizó para cada una de las muestras obtenidas.



Gráfica 2: valores concatenados de la prueba de flexión de la muñeca en solo arreglo de 200 datos.

A continuación se muestra el código de la red neuronal de manera simplificada para facilitar su lectura.

```

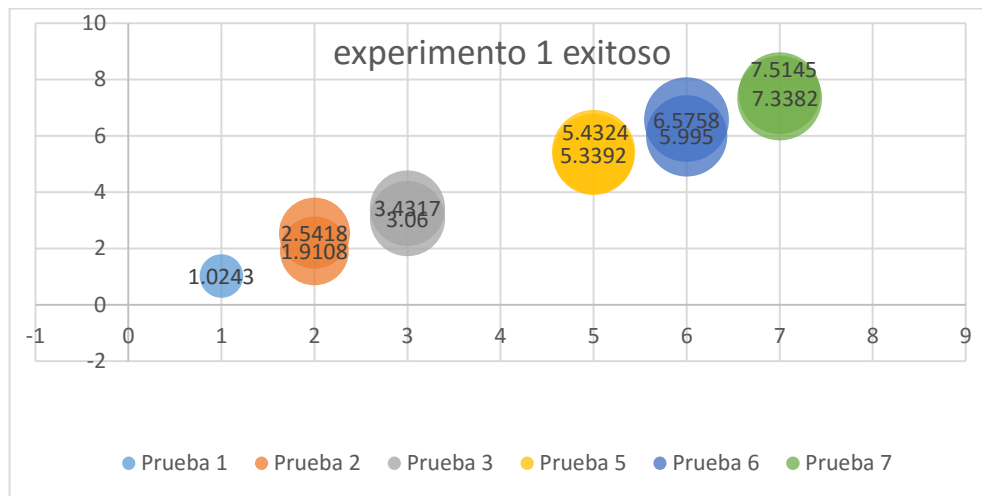
1. q = [
2. Datos para el entrenamiento de la red
3. ];
4. e = q';
5. r = [1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 5
5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 7 7 7 7 7 7 7 7 7];
6. net=newff(e,r,7);
7. net=train(net,e,r);
    
```

```
8. Y3=sim(net, [sens1y2_p7e15'])
```

1. Se crea un arreglo.
2. En esta parte se coloca la información que entrenará la red.
3. Se cierra el arreglo.
4. Se saca la matriz traspuesta de la información que se procesará.
5. Se asignan las salidas que tendrán cada uno de los ejercicios. En este caso los números representan el movimiento que se detectó.
6. Se crea una nueva red de retro propagación donde “e” es la matriz traspuesta de los datos de entrenamiento, “r” son las salidas que proporcionará la red y “7” el número de capas de la red.
7. Entrena la red neuronal
8. Se simula la red neuronal y se despliega la información de las salidas contra los objetivos buscados. En este ejemplo se busca el resultado para la entrada sens1y2_p7e15 que en este caso la salida es 7.

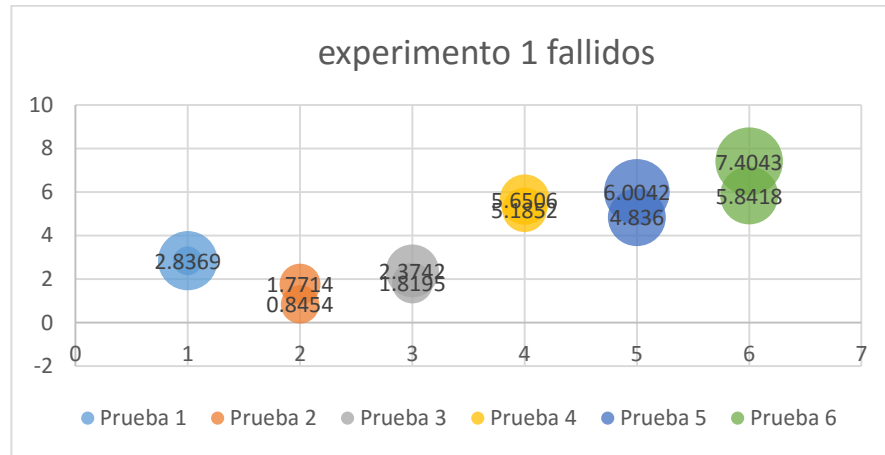
Resultados y discusión.

Para probar la red se emplearon 5 muestras de cada movimiento, entre más cercano sea el valor de salida al número del movimiento efectuado mejor funciona la red. En la Gráfica 3 se observa que los resultados exitosos aunque no son los esperados, ya que el movimiento uno la red neuronal solo lo identifico una vez. En la prueba dos reconoció el gesto dos veces al igual que en las pruebas tres, cinco, seis y siete. El movimiento 4 no fue identificado correctamente, posiblemente debido a la similitud con las otras señales.



Gráfica 3: Gestos reconocidos por la red neuronal.

En la Gráfica 4, se pueden ver gestos que reconoció erróneamente la red neuronal, como se menciona anteriormente esto puede ser debido a que las señales se parecen.



Gráfica 4: gestos identificados erróneamente.

Trabajo a futuro.

El siguiente paso en la investigación es mejorar la identificación de los gestos de la mano con la red neuronal, buscando la manera de que las señales EMG obtenidas puedan diferenciarse con mayor facilidad. Posteriormente se deberán añadir sensores de flexión para saber posición de los dedos de la mano, sensores de fuerza para conocer la presión aplicada y correlacionar esa información con las señales Emg para después entrenar una nueva red neuronal que permita hacer un control de posición fuerza y aplicarlo a un robot exoesqueleto de mano o a una mano biónica.

Conclusiones.

El sistema de adquisición de señales EMG cumple con su objetivo. La red neuronal debe ser mejorada para obtener una mejor identificación de las señales EMG. El uso del reconocimiento de gestos empleando electromiografía no está limitado su aplicación en robots exoesqueletos de mano o manos biónicas, su uso se puede extender a la aplicación de otras prótesis, por ejemplo aplicado a una prótesis de pierna.

Referencias bibliográficas.

- [1] INEGI, "Las personas con discapacidad en México , una visión al 2010," vol. 1, p. 282, 2010.
- [2] B. E. Ackerman, "JPL BioSleeve Enables Precise Robot Control Through Hand and Arm Gestures," pp. 8–10, 2013.
- [3] N. S. K. Ho, K. Y. Tong, X. L. Hu, K. L. Fung, X. J. Wei, W. Rong, and E. a Susanto, "An EMG-driven exoskeleton hand robotic training device on chronic stroke subjects: task training system for stroke rehabilitation.," *IEEE Int. Conf. Rehabil. Robot.*, vol. 2011, p. 5975340, Jan. 2011.
- [4] A. Technologies, "Three - lead Differential Muscle / Electromyography Sensor for Microcontroller Applications Getting Started Using Two 9V Batteries," no. February 2013, pp. 2–5.
- [5] F. Zhang, L. Hua, Y. Fu, H. Chen, and S. Wang, "Design and development of a hand exoskeleton for rehabilitation of hand injuries," *Mech. Mach. Theory*, vol. 73, pp. 103–116, 2014.
- [6] B. E. Ackerman, "Sandia National Labs Gives Roboticians a Hand," pp. 1–2, 2012.
- [7] B. E. Ackerman, "JPL BioSleeve Enables Precise Robot Control Through Hand and Arm Gestures," pp. 8–10, 2013.
- [8] K. X. Jun Wu, Jian Huang, "The novel wearable rehabilitation robotic hand," *Int. J. Intell. Comput. Cybern.*, p. 32, 2012.
- [9] M. H. Prosthesis, "10/10/13 Multigrasp Hand Prosthesis and Myoelectric Control Method for Enhancing the Functional Capability of Upper Extremity Amputees - IEEE Life Sciences," pp. 1–2, 2012.
- [10] J. Iqbal, N. G. Tsagarakis, and D. G. Caldwell, "A multi-DOF robotic exoskeleton interface for hand motion assistance," *Proc. Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. EMBS*, pp. 1575–1578, 2011.
- [11] G. Puchhammer and V. At, "(12) United States Patent HAND PROSTHESIS COMPRISING TWO," vol. 2, no. 12, 2013.
- [12] D. Rosa, G. R. Lawrence, L. Gb, J. Benjamin, S. Gb, J. Hugo, M. Paul, and B. Gb, "(12) United States Patent," vol. 2, no. 12, 2013.

Diseño y construcción de una prótesis robótica bidireccional enfocado a personas con discapacidades motrices de la mano

Jose Antonio diaz reyes¹, Oscar Osvaldo Sandoval Gonzalez²
Instituto tecnológico de México campus Orizaba, DEPI, Orizaba, Veracruz México
Oriente 9 No. 852, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Ver., México
Área de participación: ingeniería electrónica

RESUMEN

Este trabajo de investigación describe el diseño y construcción de una mano robótica, para asistir a las personas con discapacidad motriz a causa de la artritis y cualquier otro tipo de discapacidad en el miembro superior, cada dedo de la mano tiene 3 falanges acopladas por medio de un sistema de engranes y motores de cd, cuenta con retroalimentación háptica para el paciente, para que exista un mayor control a la hora de sujetar o manipular objetos, esto es gracias a un guante que se coloca el paciente para poder percibir la fuerza con la que la prótesis sujeta los objetos, para ello se utilizaron redes neuronales para poder interpretar los débiles movimientos de la mano atrofiada y poder interpretarlos en la prótesis robótica. El propósito es que la mano robótica se convierta en una extensión del cuerpo y así ayudar al paciente con su discapacidad.

ABSTRACT

This research describes the design and construction of a robotic hand to assist people with physical disability due to arthritis and other types of disability in the upper extremity, each finger has three phalanges coupled through a system of gears and CD motors, has haptic feedback to the patient, so that they have a greater control when they hold or manipulate objects, this is thanks to a glove the patient to perceive the force placed the prosthesis objects subject to this neural networks were used to interpret the weak atrophied hand movements and to interpret in robotic prosthesis. The purpose is that the robotic hand becomes an extension of the body and help the patient with his disability.

INTRODUCCIÓN

Una parte importante de importante de personas que sufren de discapacidades en el miembro superior se encuentra en edades de los 30 a 59 años, es decir en edades productivas. Muchas de las discapacidades si no todas le presentan al paciente no solo problemas físicos que ya por si solos son muy graves y dolorosos, si no también problemas psicológicos como lo es la depresión, el sentirse incompleto, desesperación por no poder realizar las actividades que antes podían hacer sin pensarlo.

Debido a ello en la medicina se han creado robots ayudar a las personas con discapacidades motoras, como caminar y mover las extremidades superiores que estén atrofiadas, así como la asistencia en la rehabilitación de las mismas. Las prótesis robóticas han sido desde hace muchos años, uno de los campos en donde se ha invertido más recursos tanto económicos como humanos, debido a la necesidad del hombre de reemplazar de alguna manera la movilidad que se perdió, ya sea por algún accidente o enfermedad que afecte la movilidad de las extremidades, es justamente por eso que se realiza esta propuesta de investigación que está enfocada a personas con discapacidades motrices de la mano, ya sean por accidentes o por enfermedades como lo es la Artritis Reumatoide, isquemias o contracturas en especial en las personas que padecen etapas muy avanzadas y que les es prácticamente imposible llevar una vida plena.

ESTADO DEL ARTE

Prótesis

Las prótesis son mecanismos diseñados para reemplazar una parte faltante del cuerpo. Los ojos, los brazos, las manos, las piernas o las articulaciones faltantes son reemplazados por dispositivos protésicos.

En la actualidad existen diversos tipos de prótesis, desde artesanales con funciones meramente estéticas hasta prótesis robóticas más complejas que ya pueden manipular objetos y reemplazar al menos en parte la función de la mano verdadera [1].

ARTICULATED HAND

Esta mano comprende una serie de dedos los cuales en la parte superior poseen elementos de apoyo para obtener una mayor sujeción de los objetos. Cada dedo está arreglado de tal manera que los ejes articulados se manejen de manera independiente y cada uno de los eslabones de los dedos está provisto de sensores para la detección de ángulos y torque entre cada eslabón de los dedos. Cada eje articulado está provisto por un sistema de servos ángulo-torque, donde estas señales son procesadas y son capaces de corregir el voltaje de entrega a cada servo.

Uno de los objetivos que se intentaron solucionar en esta patente fue que la mano fuera capaz de manipular cualquier tipo de objeto sin importar su forma y material del cual está construido y sea capaz de adaptarse cambiando de postura o posición dependiendo de la circunstancias [2].

Design and Construction of the Robotic Hand Prosthesis

Este diseño en particular de la mano cuenta con tres dedos el índice, pulgar y medio, además de que algunos parámetros a considerar en su diseño fueron el peso, funcionalidad y simetría. Cada uno de los dedos cuenta con tres articulaciones movidas por pequeños motor reductores, se implementaron en la mano sensores de efecto Hall HMC1501 y un imán para conocer la posición de las articulaciones.

Ahora para conocer la fuerza que los dedos ejercen sobre los objetos utilizaron sensores de fuerza resistivos, la siguiente grafica muestra la curva de calibración del sensor [3].

DISEÑO MECÁNICO DE LA MANO

Esta invención se desarrolló pensando en imitar la funcionalidad y movimientos de la mano humana y se consiguió utilizando tres articulaciones y dos grados de libertad por dedo, excepto en el pulgar, las primeras articulaciones de los dedos son movimientos por medio de motorreductores y engranes helicoidales, un motor por cada articulación, el movimiento de la tercera articulación esta correlacionado con la segunda articulación a través de una serie engranes, el motor que provee de rotación al pulgar se encuentra dentro de la palma de la mano. La palma, los dedos y el pulgar están impresos en una impresora 3D y cuentan con sensores de fuerza para conocer la cantidad de fuerza que aplica en un objeto y sensores de flexión para conocer la cantidad de fuerza que aplica en un objeto y sensores de flexión para conocer la posición de cada dedo.

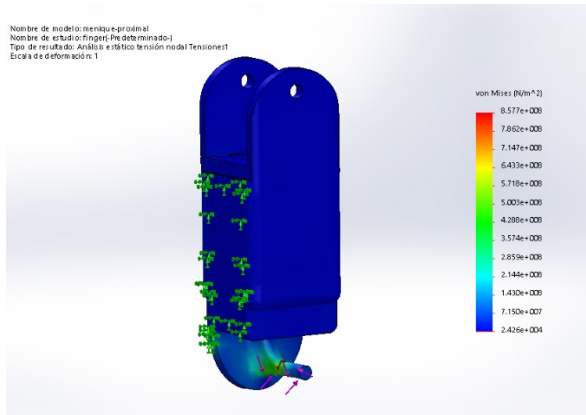


Figura 1 prueba de elemento finito en el eje

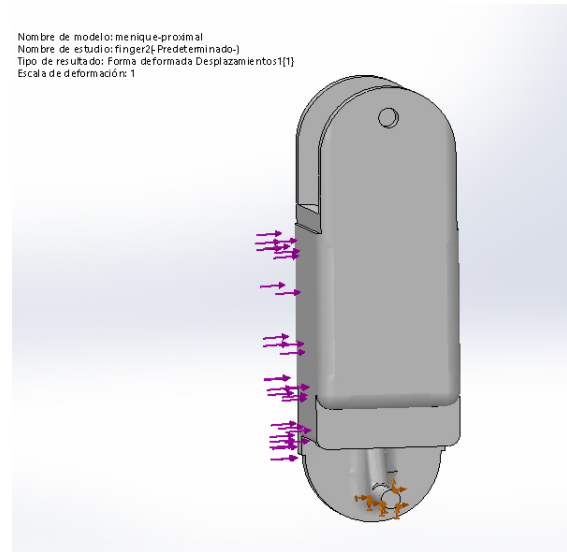


Figura 2 prueba de deformación en la falange media



Figura 3 diseño mecánico de la mano, vista interior

El diseño mecánico, figura 3, estuvo enfocado principalmente al desarrollo de una mano biónica de 15 falanges de los cuales 11 de ellas tienen un control y movimiento individual y 4 un movimiento correlacionado, en esta figura podemos apreciar la parte interna de la mano robótica que está compuesta por las siguientes partes: la palma de la mano, cuatro dedos cada uno con sus respectivos motores y engranes para poder mover de una manera correlacionada la falange distal en un 60% en relación con la falange media, además se puede observar los motores que moverán los dedos y el motor en la parte inferior que se encarga de mover el pulgar.



Figura 4 vista transversal de un dedo.

En la figura anterior se muestra con un mayor detalle el juego de engranes para mover de una manera correlacionada la falange distal.

PULGAR

Para conseguir un movimiento similar a la de una mano real, se colocó un juego de engranes en la parte inferior de la palma para poder mover el dedo 115°, el sistema de engranes está formado por dos piñones y dos coronas de 7.7 mm de Diámetro exterior y 15 mm respectivamente, figura 2, se utilizó un motor de 70 rpm con un torque de 1.2 kg-cm, la revolución final es de 150 rpm

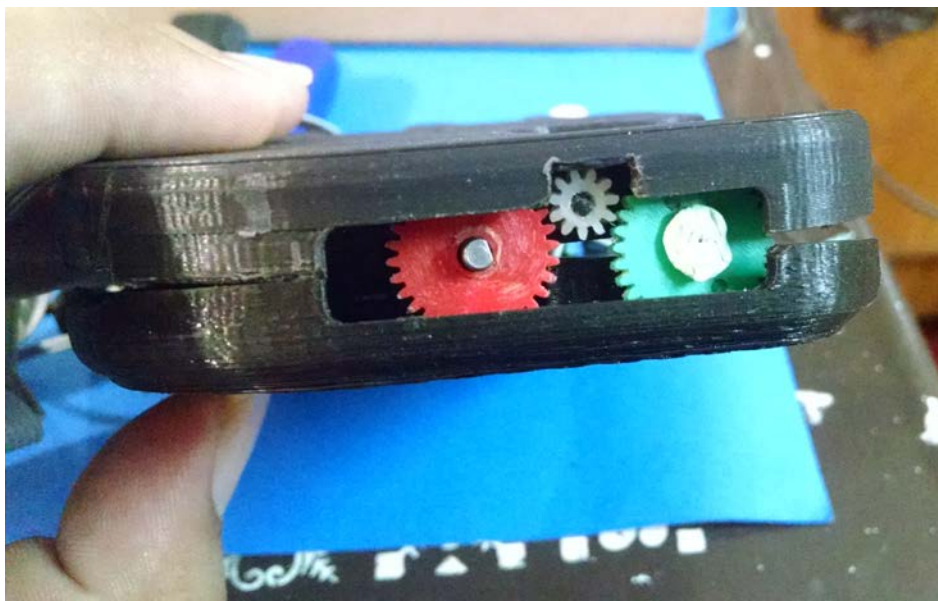


Figura 5 Juego de engranes para mover el pulgar 115°



Figura 6 se muestra la parte inferior del pulgar

La construcción de la invención se realiza en una impresora 3D marca FLASHFORGE Dreamer Dual Extrusion, con una precisión de 0.0001" en el eje Z y 0.0004" en el plano XY y una resolución de 0.004". con una resolución de 1 micrón y El material de construcción es acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), es dieléctrico tiene un coeficiente de fricción de 0,5 una dureza – Rockwell de R100-110, una relación de Poisson de 0,35 y una resistencia al Impacto Izod (J m-1) de 200-400.

Los engranes cónicos están fabricados en plástico con una relación de 1:1 y un diámetro exterior de 8.3 mm, módulo de 0.5, 16 dientes y un espesor de 5 mm, los engranes para mover el pulgar (corona y piñón 1 y 2) también son fabricados en plástico con un módulo de 0.5 y la corona tiene un diámetro exterior de 15 mm y cuenta con 28 dientes, los piñones tienen un diámetro de exterior de 7.7 mm y cuenta con 14 dientes.



Figura 7. Sensor de flexión en la mano

En la figura 7 se observa el sensor de flexión que se utiliza en la mano para conocer la posición del dedo.

Conclusiones

Se obtuvo una prótesis ligera cada dedo pesa alrededor de 27 gr y la mano tiene un peso de 250 gr y fácil de utilizar, capaz de levantar poco más de un kilogramo de peso.

BIBLIOGRAFIA

- [1] J. Manuel and D. González, "Robótica Y Prótesis Inteligentes," *Rev. Digit. Univ.*, pp. 1–15, 2004.
- [2] Nobuharu Mimura, "ARTICULATED HAND," 1991.
- [3] M. Muñoz-añasco, Ó. A. Vivas-albán, and C. A. Gaviria-lópez, "Diseño y construcción de la prótesis," vol. 14, no. 2, pp. 223–237, 2010.
- [4] R. Bogue, "Artificial muscles and soft gripping: a review of technologies and applications," *Ind. Robot An Int. J.*, vol. 39, no. 6, pp. 535–540, 2012.
- [5] R. Bogue, "Exoskeletons and robotic prosthetics: a review of recent developments," *Ind. Robot An Int. J.*, vol. 36, no. 5, pp. 421–427, 2009.
- [6] W. Zhang, D. Che, H. Liu, X. Ma, Q. Chen, D. Du, and Z. Sun, "Super under-actuated multi-fingered mechanical hand with modular self-adaptive gear-rack mechanism," *Ind. Robot An Int. J.*, vol. 36, no. 3, pp. 255–262, 2009.
- [7] D. Petkovic and N. Pavlovic, "Compliant multi-fingered passively adaptive robotic gripper," *Multidiscip. Model. Mater. ...*, 2013.
- [8] J. Tegin and J. Wikander, "Tactile sensing in intelligent robotic manipulation – a review," *Ind. Robot An Int. J.*, vol. 32, no. 1, pp. 64–70, 2005.
- [9] E. Boivin and I. Sharf, "Optimum grasp planner and vision-guided grasping using a three-finger hand," *Ind. Robot An Int. J.*, vol. 32, no. 1, pp. 35–42, 2005.
- [10] A. P. Tjahyono, K. C. Aw, H. Devaraj, W. Surendra, E. Haemmerle, and J. Travas-Sejdic, "A five-fingered hand exoskeleton driven by pneumatic artificial muscles with novel polypyrrole sensors," *Ind. Robot An Int. J.*, vol. 40, no. 3, pp. 251–260, 2013.
- [11] S. Petchartee and G. Monkman, "Optimisation of prehension force through tactile sensing," *Ind. Robot An Int. J.*, vol. 35, no. 4, pp. 361–368, 2008.
- [12] J. N. Marcincin, "Research articles Biomechanical grippers : important elements of biomechanical robots," vol. 24, no. 3, pp. 234–238, 1997.
- [13] B. H. Rudall and D. Gow, "Kybernetes," no. 2, pp. 18–19, 2001.
- [14] A. Type, I. Journal, H. Care, and Q. Assurance, "International Journal of Health Care Quality Assurance," no. 5, pp. 18–19, 2013.
- [15] H. Shao, K. Nonami, and T. Authors, "Industrial Robot : An International Journal," no. 3, 2006.

INGENIERÍA MECATRÓNICA

- 1 **Diseño de una máquina para impresión por serigrafía** 340
Eduardo Flores Eslaba, María de Jesús Oregán Silva, Julio Cesar García Muñoz, Miguel Altamirano Hernández
- 2 **Diseño de una interfaz de visión artificial aplicada en la seguridad para la prevención de accidentes** 348
J. Isidro Hernández Vega, Jonam L. Sánchez Cuevas
- 3 **Automatización y monitoreo mediante telefonía móvil de un sistema de riego** 356
Jonam L. Sánchez Cuevas, J. Isidro Hernández Vegas, Edgar E. Castellanos Cebrera, Aldo F. Contreras González
- 4 **Diagnóstico y análisis de tumores cerebrales mediante reconstrucción e impresión 3D** 364
Guillermo Arturo González Villagómez, Carolina Hernández Navarro, Agustín Sancén Plaza, Daniel Eduardo Madrigal Díaz, Alejandra Jaime Montes
- 5 **Desarrollo de un modelo mecatrónico para la rehabilitación de muñeca y mano** 371
Fabián Damir Flores Rojas, Oscar Sandoval González, Agustín Flores Cuautle, Ignacio Herrera Aguilar, Francisco Uribe Oropeza
- 6 **Aplicación en C++ Builder para Procesamiento de Imágenes en escala de grises con Morfología Matemática** 378
Ana Lule Rangel, Eneida Honorato Rodríguez, Marina Juárez Rascón, Felipe Arturo Rangel Cardoza
- 7 **Diseño de un exoesqueleto bípedo para la asistencia de personas con debilidad en el sistema locomotor** 386
Octavio Sánchez Flores, Oscar Sandoval González, Agustín Flores Cuautle, Ignacio Herrera Aguilar, Gerardo Águila Rodríguez
- 8 **Análisis de elemento finito en la formación de la columna de giro para volante automotriz** 394
Eloy González Villeda, Fidel Pacheco García, José Luis Reyes Rodríguez

Diseño de una máquina para impresión por serigrafía

Flores Eslaba Eduardo, Oregan Silva María de Jesús, García Muñoz Julio Cesar y Altamirano Hernández Miguel, Departamento de Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico de Tehuacán, Libramiento Tecnológico S/N, Tehuacán, C.P. 75770, Puebla, México.

eduardo_flores_eslaba@hotmail.com, maoregansilva@hotmail.com, Mrhomero07@hotmail.com, miguel_chivas@hotmail.com

Área de participación: **Ingeniería Mecatrónica**

Resumen

Se diseñó una máquina para imprimir utilizando el proceso de la serigrafía que permite realizar el grabado sobre diferentes superficies de diversos materiales, contemplando el tipo de tinta que se requiera. Se estudió la serie de pasos que se realizan en el proceso manual de serigrafía para establecer la lógica de movimientos requeridos en el equipo y así determinar los componentes para realizar la impresión, requiriendo del conocimiento de múltiples áreas de estudio como la electrónica, mecánica, control, computación, entre otras, siendo este un diseño totalmente mecatrónico. Los resultados obtenidos muestran el diseño del ensamble de la máquina impresora y una simulación de su funcionamiento, así como también imágenes y descripción de los componentes principales que hacen posible la impresión. Se observó que la implementación de este equipo en la industria dedicada a esta actividad, proporcionará efectos benéficos como mejoras en la calidad, seguridad, y ahorro de costos de producción.

Abstract

A machine was designed to print using the serigraph printing process, allows make the engraving on different surfaces of various materials, considering the type of ink that is required. Were studied series of steps performed in the manual serigraph printing process to establish the logic of movements required on the machine and determine the components for printing, requiring knowledge of multiple areas of study such as electronics, mechanics, control, computing, among others, this being a totally mechatronic design. The results obtained show the design of the assembly of the printing machine and a simulation of its operation, as well as images and description of the main components that make printing possible. Was noted that the implementation of this equipment in the industry dedicated to this activity will provide beneficial effects such as improved quality, safety, and production cost savings.

Introducción

La serigrafía es una técnica de impresión empleada en el método de reproducción de documentos e imágenes sobre cualquier material, y consiste en transferir una tinta a través de una malla tensada en un marco, el paso de la tinta se bloquea en las áreas donde no habrá imagen mediante una emulsión o barniz, quedando libre la zona donde pasará la tinta presionada por el rasero. El sistema de impresión es repetitivo, esto es, que una vez que el primer modelo se ha logrado, la impresión puede ser repetida cientos y hasta miles de veces sin perder definición. (Universidad politecnica salesiana, 2012) Este sistema de impresión se realiza de forma totalmente manual en muchas de las microempresas en México, presentando muchas limitaciones cuando se deben de realizar un gran número de impresiones, siendo el tiempo una de las principales. Con esta máquina impresora por serigrafía se busca sustituir el proceso totalmente manual por uno semiautomático, siendo más técnico y efectivo permitiendo optimizar el trabajo. (De León Bran, 2010)

El manejo y transferencia de información por medios impresos, ha dado lugar a una serie de tecnologías que permiten producir grandes volúmenes de material impreso. En particular, se encuentra la serigrafía. Este proceso tiene un amplio margen de operación en cuanto a formatos de impresión, velocidades, definición, etc. Actualmente ya existen máquinas de impresión por serigrafía que pueden abarcar una gran área de la industria, son capaces de producir grandes volúmenes de impresiones en un lapso corto de tiempo. Además, estas se encuentran sujetas a esfuerzos repetitivos, por lo que su manufactura se realiza con materiales resistentes. Esta condición y la calidad de impresión que se requiere, elevan sus costos, ocasionando que su adquisición no esté al alcance por parte de las microempresas en México. (Serigrafía 4T, 2015)

Por otro lado, las máquinas desarrolladas de forma empírica, aunque más económicas, por lo general de un diseño rústico, se manufacturan con amplios márgenes de error y desajuste. Otra situación importante que se puede observar tanto en diseño de alta tecnología, como empíricos, es que los formatos de impresión se restringen a superficies de un solo tamaño, y modo de impresión ya sea en plano o cilíndrico. (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2009)

Por esta razón se desarrolla en este proyecto el diseño de una máquina impresora por serigrafía, que tenga las siguientes características: modo de impresión en plano y cilíndrico para amplio formato, cabezal de impresión a base de accionamientos eléctricos, porta mallas con malla de amplio formato, mesa de trabajo deslizante y como principal innovación la utilización de actuadores lineales con motor a pasos. Esto garantiza un prototipo que cubra la necesidad de imprimir en amplios formatos, y así obtener una máquina de diseño mecatrónico capaz de imprimir con alta calidad gracias al sistema mecánico, eléctrico, y programa de control.

Se describen los criterios de diseño que se tomaron en cuenta para la construcción del diseño mecánico, así como las características principales de la máquina, la descripción de las partes principales que la componen, cálculo de tornillos de sujeción de las partes principales de la máquina, como es el sistema electrónico de la máquina, esto incluye a su vez, los motores, sensores y actuadores, así como la descripción de la secuencia de los movimientos que realiza la máquina impresora por serigrafía para posteriormente desarrollar la programación para el control de este equipo. (KLP, 2015)

Metodología

Definición de criterios de diseño generales de la máquina impresora por serigrafía

- Utilización de dimensiones ergonómicas del sistema estructural soporte.
- La estructura principal soporte debe ser ligera, resistente a la corrosión y fácil de ensamblar.
- Que la mayoría de la tornillería de ensamble estructural, fuese del mismo diámetro, para facilitar el armado y la menor utilización de diferentes medidas de herramientas.
- Los bastidores deben soportar los pesos del motor, transmisión, correderas, cabezal de impresión, actuadores lineales con motores a pasos, raseros, malla y portamallas, así también la presión aplicada del cabezal de impresión a la superficie a imprimir.
- El husillo manual de ajuste de la “distancia fuera de contacto”, debe soportar el peso del bastidor, así como variar su distancia de 0 a 50 cm.
- La mesa de trabajo para impresión en plano, debe soportar objetos de dimensiones máximas de 100x50 cm.
- La mesa de trabajo debe de ahorrar espacio, mantener el objeto fijo mientras se imprime y facilita la extracción del objeto plano impreso.
- Los motores deben poseer un control preciso de velocidad y posición, así como un torque lo suficientemente potente para mover el cabezal de impresión, la malla y portamallas y vencer la presión de los pistones sobre la superficie a imprimir.
- Las correderas deben soportar los pesos del cabezal de impresión, la malla y portamallas y la presión de los pistones.
- El portamallas debe ser ligero y resistente, capaz de soportar pantallas de 100x50 cm., además de poseer un dispositivo de fijación uniforme y desmonte rápido.
- Cabezal de impresión ligero, resistente y atractivo a la vista, capaz de soportar dos actuadores lineales de motores a pasos y dos raseros de impresión de dimensiones de 50x5x1 cm
- Lógica de control electrónico, de fácil y rápida programación en procesos secuenciales por el usuario, con un mínimo de interrupciones del proceso de impresión.

Especificaciones de la máquina propuesta.

- Estructura soporte rígida con dimensiones de 70x70x150 cm, a base de aluminio extruido y placa base de hierro de ½ pulgada.
- Husillo de elevación milimétrico, con una carrera máxima de 50 mm.
- Bastidores de hierro de 100cmx15 cm, que soporten el cabezal de impresión, con accionamientos eléctricos, y raseros de 50 cm de longitud, para impresiones de amplio formato en ambos modos de operación de plano y redondo.
- Superficie máxima de impresión en plano de 50x100 cm y diámetros máximos de impresión en cilíndrico de 30 cm.
- Malla con 120 hilos por pulgada.
- Portamalla de aluminio de amplio formato, para impresión en redondo con un diámetro máximo de 30 cm y con dimensiones de 50x100 cm en modo plano.
- Mesa de trabajo corrediza con dispositivo de fijación por vacío, de dimensiones de 70x110 cm.
- Dispositivo de impresión en cilíndrico y soporte mecánico de materiales de geometría redonda, capaz de soportar objetos de 10 a 30 cm de diámetro.
- Peso de la máquina, 180 kg a 190kg.

La máquina de serigrafía está constituida de subensambles principales, que se muestran a continuación:

- Estructura soporte que resiste un peso de 80 kg en cantiléver (viga denominada más comúnmente voladizo), que se caracteriza por estar apoyada en sólo uno de sus extremos mediante un empotramiento), este incluye el peso de los bastidores, cabezal, husillo, mesa, y pieza a imprimir.
- El husillo, se diseña para soportar el peso del bastidor completo y cabezal de impresión.
- El bastidor 1, se diseña para soportar una fuerza que incluye el peso del motor, transmisión, corredera y cabezal de impresión dando un aproximado de 22kg.
- El bastidor 2, se diseña para soportar una fuerza que incluye el peso del motor, transmisión, corredera, cabezal de impresión y fuerza de actuadores lineales.
- La mesa corrediza se diseña para soportar la fuerza que ejercen los actuadores sobre la mesa.
- Dispositivo de impresión en cilíndrico, se diseña para soportar el peso del material a imprimir y la fuerza del actuador lineal.

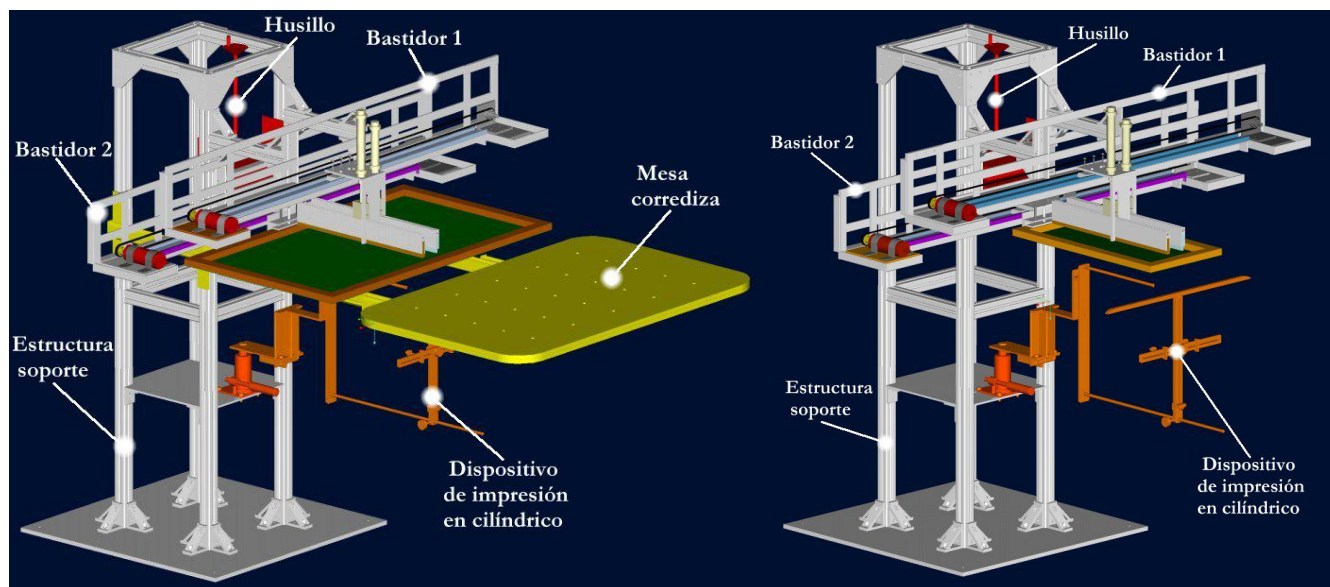


Figura 1. Diseño general de la máquina de serigrafía en modo de impresión en plano y cilíndrico.

Cálculo del momento total en los tornillos del bastidor 1

Para el cálculo del momento total de los tornillos del bastidor 1, se tiene la siguiente nomenclatura:

- F_{b1} = Carga total del bastidor 1.
- d_{b1} = Distancia del bastidor 1 al punto de apoyo.
- g = Constante gravitacional 9.81 m/s^2 .
- m_{b1} = Masa de bastidor 1.
- W_{b1} = Peso del bastidor 1.
- Mo_{b1} = Momento flexionante en el bastidor 1.
- F_T = Carga total que soporta cada tornillo.
- Mo_T = Momento flexionante que soporta cada tornillo.
- Mo_{TOT} = Momento flexionante del total de los tornillos.

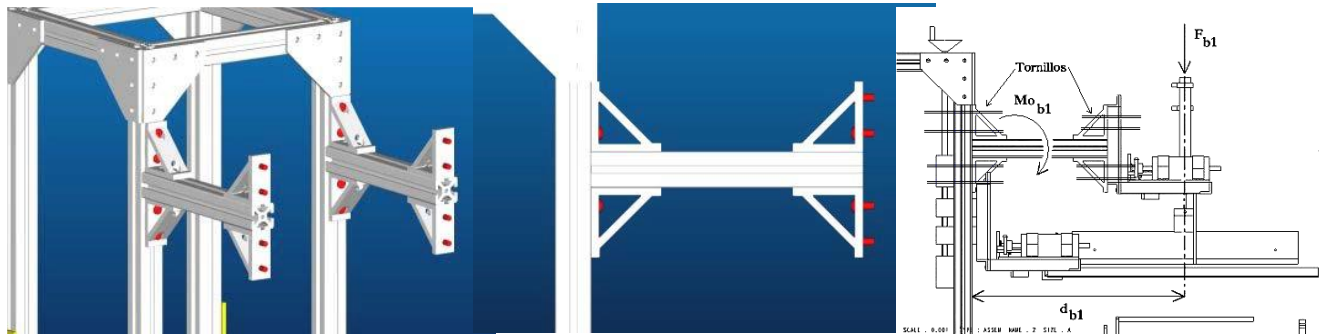


Figura 2. Distribucion de los tornillos, y esquema del bastidor.

La carga total en el bastidor 1, F_{b1} , se calcula en función del peso del bastidor y de:

$$W = m g$$

$$W_{b1} = m_{b1} g$$

$$w_{b1} = (21.64 \text{ kg}) (9.8 \text{ m/s}^2) = 212.07 \text{ N}$$

$$F_{b1} = 212.07 \text{ N}$$

El momento del bastidor 1, Mo_{b1} , se calcula con base a:

$$M = F d$$

$$Mo_{b1} = F_{b1} d_{b1}$$

$$Mo_{b1} = (212.07 \text{ N}) (0.491 \text{ m}) = 104.13 \text{ Nm}$$

De la tabla 1 se puede ver que un tornillo M8x20 soporta una carga de 24.954N.

Tabla 1 Fuerzas de carga de los tornillos M8x20 marca IPS.

Screw	Engaged length	Force N
M8x20	15 mm	24,954
M8x25	20 mm	25,354
M8x30	25 mm	26,777

Para verificar si los tornillos soportan el momento de flexión, el momento Mo_T que soporta cada tornillo se tiene de

$$Mo_T = F_T d_{b1}$$

$$Mo_T = (24.954 \text{ N}) (0.491 \text{ m}) = 12.25 \text{ Nm}$$

Ahora para 16 tornillos M8x20, se tiene que el momento total es:

$$M_{TOT} = Mo_T N_T$$

$$M_{TOT} (12.25 \text{ Nm}) (16 \text{ Nm}) = 196 \text{ Nm}$$

Por tanto, de acuerdo a condiciones comerciales, se tiene la seguridad de que 16 tornillos M8x20 soportarán la fuerza $F_{b2} = 212.07N$ que se ejerce en el bastidor 1. Este tornillo también se utilizará para el armado de la estructura y otras partes como el bastidor 2 y la mesa corrediza. (Cenidet, 2004)

Para cálculos más precisos se utilizara la simulación en un software de diseño como Solidworks.

Sistema electrónico

El sistema electrónico, está formado por cuatro bloques principales. Estos bloques determinan el nivel de voltaje o corriente que se utiliza para el control de la máquina de serigrafía. Los bloques son:

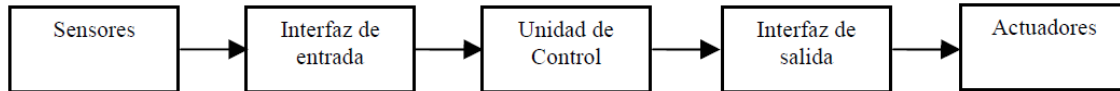


Figura 3. Diagrama de bloques del sistema electrónico.

Bloque de sensores

Este corresponde a las entradas de señales adquiridas por los sensores del sistema. Estos son dispositivos que monitorean cantidades físicas como distancia, velocidad, temperatura, aceleración, etc.; y su respuesta es una señal eléctrica. Para la maquina se hace uso de sensores de proximidad para el sistema de control como finales o límites de carrera de los bastidores.

Bloque de interfaces

El bloque de interfaces es considerado único a causa de que una interfaz, como se muestra, es el enlace entre dos bloques. Estos pueden ser entrada-unidad de control y unidad de control-salida. Este bloque sirve como protección a la unidad de control contra descargas eléctricas y otro tipo de perturbaciones que ocurren en el sistema.

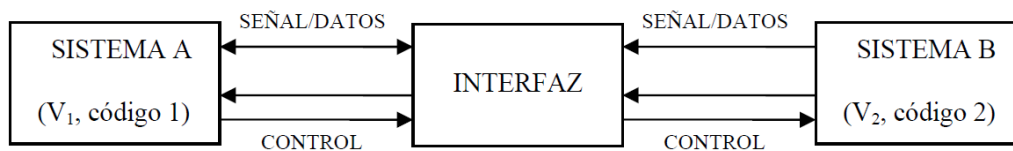


Figura 4. Diagrama del bloque de interfaz

Las funciones básicas de la interfaz son:

- a) enlaces a nivel de hardware
- b) enlace a nivel de código.

La complejidad de la interfaz es en función de las señales que recibe, las señales de entrada a una interfaz, son de tipo digital y continuo, en esta última de codificación analógica o digital.

Los niveles de voltaje y corriente en los diferentes bloques pueden estar o no al mismo nivel. La interfaz de enlace para esta condición se realiza a nivel de hardware. Para el enlace de bloques a nivel código, se realizan codificaciones digitales y analógicas, según sea el caso, auxiliándose de convertidores A/D o D/A. En este tipo de enlace también la interfaz se logra a través de software.

Las interfaces de entradas y salidas para señales digitales binarias son seleccionadas de acuerdo a las características de cada uno de ellos. Estas características son: tipo de alimentación, tipo de aislamiento, margen de ruido estático, margen de ruido dinámico, entre otras, siendo estas las más relevantes.

Bloque de control

La unidad de control es la que realiza las secuencias de operaciones dentro de un sistema.

La evolución de las unidades de control originó la introducción de microcontroladores debido a que su funcionalidad y eficiencia son muy altas. Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador. (wikipedia, 2015)

Los productos que para su regulación incorporan un microcontrolador disponen de las siguientes ventajas:

- Aumento de prestaciones: un mayor control sobre un determinado elemento representa una mejora considerable en el mismo.
- Aumento de la fiabilidad: al reemplazar el microcontrolador por un elevado número de elementos disminuye el riesgo de averías y se precisan menos ajustes.
- Reducción del tamaño en el producto acabado: la integración del microcontrolador en un chip disminuye el volumen, la mano de obra y los costos.
- Mayor flexibilidad: las características de control están programadas por lo que su modificación sólo necesita cambios en el programa de instrucciones.

El microcontrolador es en definitiva un circuito integrado que incluye todos los componentes de un computador. Tomando en cuenta las tareas que va a realizar el microcontrolador, se elige a este elemento por encima de un PLC que son los que usualmente se usan en la maquinaria y la industria en general, agregando a este proyecto innovación en cuanto a la parte de control para realizar los movimientos de actuadores lineales y motores que harán funcionar la máquina.

Los PLC's son elementos mucho más costosos y que necesitan de su parte neumática como compresor, válvulas, y actuadores lo cual eleva el costo; y que si son de gama baja y media son muy lentos comparados con el poder de procesamiento del microcontrolador.

Bloque de actuadores

Los actuadores son parte esencial en todo sistema que requiera hacer movimientos o aplicar una fuerza. Para efectos de este trabajo los actuadores que serán utilizados son eléctricos, ya que este tipo de actuadores proporciona un desplazamiento que se ocasiona por la transformación de energía.

Los actuadores lineales reproducen movimientos humanos como empujar, jalar, levantar, descender y rotar. Al combinar los motores con tornillos de bolas, transmisiones por correa y mesas giratorias, acortamos los tiempos y costos de diseño y montaje de maquinarias, es por eso que se ha decidido que en este diseño se utilizarían actuadores lineales con motor a pasos.

Para el desplazamiento de los bastidores (carros), con sus respectivos límites de carrera mediante sensores, se utilizarían motores de corriente directa a causa de sus características de par e inversión de giros fácil. (orientalmotor, 2015)

SECUENCIAS DE IMPRESIÓN.

Impresión en plano

Para la impresión en objetos planos solo se utilizan dos sensores para determinar los límites de carrera. La secuencia de movimientos es la siguiente:

1. Se selecciona el modo de impresión, para impresión en plano un interruptor de palanca debe estar desactivado.
2. Se acciona el botón de encendido para impresión en plano.

3. Se acciona el interruptor de límite de la mesa de trabajo, este interruptor se acciona deslizando la mesa hacia adentro hasta el tope y es para iniciar la impresión, en este momento el carro de impresión avanza hacia la derecha y el rasero de impresión se acciona.
4. Al llegar al sensor del límite derecho, el carro avanza en sentido contrario y la dirección será hacia la izquierda. El rasero de impresión se desactiva y el rasero de esparsión entra en operación.
5. Al llegar al sensor del límite izquierdo el carro se detiene, el rasero de impresión se activa y el de esparsión se desactiva.

Impresión cilíndrica

1. Se selecciona el modo de impresión, para impresión en cilindro un interruptor de palanca debe estar activado. Al accionar el interruptor de palanca los motores de ambos carros avanzan hacia el lado derecho.
2. Al llegar a los sensores del lado derecho, para los dos carros, estos se detienen.
3. Se acciona el de inicio para las impresiones, los carros avanzan hacia el lado izquierdo de la máquina.
4. El carro de impresión al llegar al sensor del lado izquierdo se detiene, el carro portamalla al llegar al sensor intermedio se detiene, se acciona un relevador de tiempo interno y de nuevo avanza en la misma dirección anterior al paro. El rasero de esparsión se activa en el momento en que se llega al sensor.
5. El carro de impresión se mantiene en el mismo lugar y el carro portamalla se detiene al llegar al sensor del lado izquierdo, se activa un relevador de tiempo interno y avanza en sentido contrario, con dirección hacia la derecha. Se activa el rasero de impresión en el momento en que se llega al sensor del lado izquierdo.
6. El carro portamallas al llegar al sensor intermedio se detiene, activa un relevador de tiempo y se desactiva el rasero de impresión. En este punto el carro de impresión y el carro portamallas avanzan hacia la derecha de la máquina.
7. Al llegar a los sensores del lado derecho los carros se detienen.

Conclusiones

La necesidad de trabajar en el diseño de esta máquina impresora por serigrafía se debe a las ventajas que tiene este sistema de impresión, además por la necesidad de aportar un adelanto en base a la tecnología. El mercado para los diseños y la maquinaria disponible son factores determinantes para considerar la elaboración de una máquina para serigrafía, ya que, si aumenta la demanda, se buscará producir más impresiones, utilizando una máquina que ocasione menores costos y afectación al ambiente, considerando además que se podrían cubrir las expectativas de las empresas y del capital disponible para hacer frente no solo a la compra del equipo extranjero con alto costo, sino también al incremento de costos de producción, principalmente en las microempresas mexicanas.

Referencias

- De León Bran, J. M. (Agosto de 2010). Universidad de San Carlos Guatemala. Obtenido de Diseño mecanico: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0645_M.pdf
- KLP. (26 de Febrero de 2015). KLP. Obtenido de KLP: <http://www.klp-store.com/blog/maquina-para-serigrafia-klp-origenes/>
- Laguna Erazo, L. A., & Loachamin Navarrete, V. H. (2009). Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Obtenido de Dspace: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3682/1/Construccion%20de%20una%20maquina%20para%20serigrafia%20cilindrica.pdf>.

Martinez, R. A. (Abril de 2012). Universidad politecnica salesiana. Obtenido de Construcción de una máquina para serigrafía Cilindrica: <https://www.yumpu.com/es/document/view/13186763/construccion-de-una-maquina-para-serigrafia-cilindricapdf>

orientalmotor. (19 de junio de 2015). orientalmotor. Obtenido de http://www.orientalmotor.com.mx/lit/1403_445CDC_MxEs.pdf

Serigrafia 4T. (Febrero de 2015). Obtenido de Serigrafia 4T: <http://serigrafia4t.blogspot.mx/2013/06/maquinas-para-serigrafia.html>

wikipedia. (septiembre de 2015). unidad de control. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Unidad_de_control

Yahir de Jesús Mariaca Beltran, S. R. (Junio de 2004). Cenidet. Obtenido de Cenidet: <http://www.cenidet.edu.mx/subaca/web-mktro/submenus/investigacion/tesis/7-8%20Yahir%20de%20Jesus%20Mariaca%20Beltran%20-%20Sergio%20Reyes%20Galindo.pdf>

Diseño de una interfaz de visión artificial aplicada en la seguridad para la prevención de accidentes

J.I. Hernández Vega^{1*}, J. L. Sánchez Cuevas²

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Nuevo León, Av. Eloy Cavazos No. 2001, Colonia Tolteca, C.P. 67170, Cd. Guadalupe, N.L., México

²Departamento de Ingeniería Eléctrica-Electrónica, Instituto Tecnológico de Nuevo León, Av. Eloy Cavazos No. 2001, Colonia Tolteca, C.P. 67170, Cd. Guadalupe, N.L., México

*jose.isidro.hernandez@itnl.edu.mx, jonam.leonel.sanchez@itnl.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Mecatrónica

Resumen

El presente trabajo presenta una aplicación de seguridad por visión artificial, su objetivo fue desarrollar un sistema de software que identificara de manera preventiva situaciones de riesgo para personas en zonas de trabajo, comerciales o recreacionales utilizando hardware para visión artificial. El resultado que se presenta es el diseño de la interfaz para visión artificial. Para su desarrollo se siguieron las etapas de un sistema de visión: adquisición de la imagen a través de una cámara, preprocesado, segmentación y reconocimiento de la imagen en situaciones de riesgo, la herramienta de trabajo fue lenguaje G en un entorno de programación de LabVIEW. Los resultados alcanzados son el reconocimiento de situaciones de riesgo identificadas previamente como actos inseguros en un ambiente de trabajo por medio del sistema de visión, esto permitió generar una base de conocimiento que reconozca patrones de comportamiento considerados anormales en la búsqueda de la prevención de accidentes.

Palabras clave: Interfaz de Visión, Visión Artificial, Seguridad por Visión, Sistema de Visión

Abstract

This paper presents a security application for computer vision, their goal was to develop a software system that proactively identify risk situations for people in work areas, commercial or recreational, by the use of hardware for computer vision. The result presented is the interface design for computer vision, for their development were applied the following stages of a vision system: image acquisition through a camera, pre-processing, segmentation and image recognition at risk, the working tool was a G language in a programming environment of LabVIEW. The results achieved are the recognition of risk situations previously identified as unsafe acts in a work environment through vision system, this allowed to generate a knowledge base to recognize abnormal behavior patterns considered in the search for accident prevention.

Key words: Vision Interface, Computer Visión, Security Vision, Vision System

Introducción

Una de las ramas de la Inteligencia Artificial es la visión artificial, misma que se encarga del reconocimiento de objetos, dimensiones y colores [1]. Esta rama se auxilia de métodos como el reconocimiento de patrones y procesamiento de imágenes principalmente. La visión artificial es una forma de percepción para tomar una decisión de una acción, notificación o respuesta de un sistema a las percepciones externas. La visión artificial tiene múltiples aplicaciones que van desde la inspección continua, inspección de productos, tareas que cuenten con un carácter repetitivo y que se realicen a alta velocidad.

El presente trabajo aborda una alternativa de aplicación de la visión artificial en la prevención de accidentes mediante un sistema de visión. Los elementos de hardware mínimos necesarios para un sistema de visión artificial (SVA) son los siguientes [2]:

Sensor óptico: El sensor puede ser una cámara color o monocromática que produce una imagen completa del dominio del problema.

Tarjeta de adquisición de imagen: Permite digitalizar la señal de video entregada por el subsistema anterior.

Computadora: Una vez digitalizada la imagen, debe ser almacenada en la memoria de una computadora para su posterior procesamiento y manipulación por un programa.

Monitor de video: Permite visualizar tanto la imagen o escenas captadas como los resultados del procesamiento de las imágenes.

Un acto inseguro es una violación u omisión de una norma o procedimiento por parte del trabajador que aumenta las posibilidades de que ocurra un accidente, es una desatención a una norma o regla que previene la seguridad de las personas, esta falta de atención provoca los accidentes en las organizaciones o lugares donde se encuentren las personas ante un riesgo.

Los actos inseguros van desde realización de una actividad o tarea no autorizada, no prestar la atención al no asegurar el equipo usado, trabajar sin el equipo de protección personal, realizar juegos y/o bromas pesadas durante la ejecución del trabajo, no acatar los procedimientos y normas de seguridad, entre otras diversas causas consideradas situaciones de riesgo.

La necesidad de detectar estas situaciones de manera preventiva contribuirá a evitar accidentes ya sea leves o graves, el contar con un sistema de visión que reconozca patrones de comportamiento considerados anormales dentro de su base de datos de conocimiento y además contar con la toma de decisiones para actuar ante esa situación ya sea en forma directa reaccionando ante los actores de la situación de riesgo como máquinas o personas, actuando en forma indirecta ante la situación emitiendo alarmas sonoras o mensajes preventivos.

Se han realizado sistemas de visión enfocados a la seguridad desde diferentes contextos como el proyecto HERMES de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), es un sistema cognitivo computacional integrado por cámaras de vídeo y software que es capaz de reconocer y de prever el comportamiento humano, así como de describirlo en lenguaje natural sus aplicaciones van enfocadas a los campos de la vigilancia inteligente, la prevención de accidentes, el marketing o la psicología, entre otros [3].

Otra aplicación enfocada a seguridad es del grupo de investigación Face Recognition and Artificial Vision (FRAV) de la Universidad Rey Juan Carlos el cual consiste en un sistema de visión para evaluar la seguridad en las instalaciones de un aeropuerto enfocados a sistemas de verificación facial basado en imágenes de video y a un sistema automático de detección de objetos abandonados [4].

Estación de control de calidad por visión artificial para un centro de manufactura integrada por computador (CIM), publicado por Gabriel Zambrano y otros [5], hace uso de la visión artificial mediante una implementación y validación de una estación de control de calidad orientada a la inspección y verificación de calidades de fábrica de piezas mecanizadas, basadas en visión y acopladas a un sistema de manufactura integrada por computadora.

Estimación de movimiento en secuencia de imágenes, una aplicación de la visión artificial, publicado por Oscar Higuera [6], estima y extrae un cuerpo en movimiento en una secuencia de imágenes para posteriormente realizar una identificación, propone algoritmos desarrollados para estimar el movimiento, lo que hace uso de la visión en el tratamiento de una secuencia de imágenes.

El informe de proyecto de investigación publicado por la Fundación Innovación [7] con la participación del Dr. José López y su equipo de colaboración proponen una solución a un problema de la empresa Citrosol S.A haciendo uso de la visión artificial en tareas de inspección, selección de productos, control de calidad y monitorización de procesos, aplicados dentro de la industria agroalimentaria de España,

En México el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional (IPN) realiza diversas investigaciones sobre visión artificial como la publicada por Hugo Jiménez y Joaquín Salas [8], quienes proponen una estrategia para la selección dinámica de características aplicadas a la estabilización de secuencia de imágenes, su propuesta de algoritmo puede contribuir a la estabilización secuencial de imágenes.

Sin embargo trabajos relacionados de aplicación de visión artificial en la prevención de accidentes no fueron encontrados. El contar con un sistema con la capacidad de adquirir, analizar y reaccionar ante situaciones de riesgo en la búsqueda de la prevención de accidentes.

Por lo tanto el desarrollar un producto mediante visión artificial que puede ser usado en varios contextos, como es el industrial, comercial, residencial y pública, buscando brindar seguridad en su proceso y actividades, previniendo situaciones de riesgo. El trabajo presenta la parte de diseño de la interfaz del sistema de visión, en las etapas de adquisición de las imágenes y análisis de las mismas.

La aportación del trabajo es presentar una alternativa de aplicación de visión artificial haciendo uso de la mecatrónica como ingeniería multidisciplinaria, aportar un desarrollo tecnológico que contribuya a prevenir accidentes en la búsqueda de competitividad de las organizaciones.

Metodología

La visión artificial, define tradicionalmente cuatro fases principales: la primera fase, que es puramente sensorial, consiste en la captura o adquisición de las imágenes digitales mediante algún tipo de sensor, la segunda etapa consiste en el tratamiento digital de las imágenes, es donde, mediante filtros y transformaciones geométricas, se eliminan partes indeseables de la imagen o se realzan partes interesantes de la misma, la siguiente fase se conoce como segmentación, y consiste en aislar los elementos que interesan de una escena para comprenderla, por último se llega a la etapa de reconocimiento o clasificación. En ella se pretende distinguir los objetos segmentados, gracias al análisis de ciertas características [9].

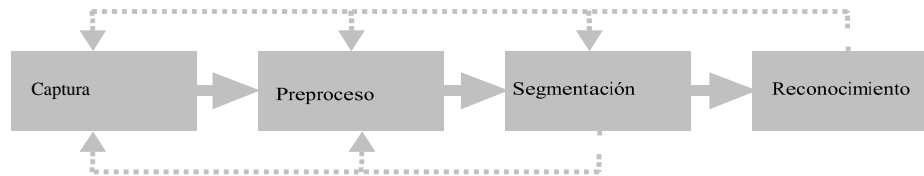


Fig. 1. Diagrama de bloques de las etapas típicas en un sistema de visión artificial.

Descripción matemática empleada para reconocimiento de objetos

Una imagen al ser procesada se convierte en una matriz de $[M \times N]$ variables, tomando como origen coordenadas en la esquina superior izquierda, donde cada elemento de la matriz se le conoce como pixel. La imagen se le representó matemáticamente con la función de $f(x, y)$, donde x será el valor de la fila y y el valor de la columna. Para reconocer los objetos se utilizó la técnica del histograma en la estimación de coordenadas, de esta manera solo se filtra el rango del histograma que corresponde al objeto.

El histograma de una imagen en niveles de gris proporciona información sobre el número de píxeles que hay para cada nivel de intensidad. En imágenes en color RGB se usan 3 histogramas, uno por cada componente de color.

El histograma es la función H definida en el rango de escala de grises $[0, \dots, k, \dots, 255]$ tal que el número de píxeles es igual al nivel de gris, el valor k es:

$$H(k) = n_k \quad (1)$$

donde k es el valor de nivel de gris, n_k es el número de píxeles en una imagen con un valor de nivel de gris igual a k , $\sum n_k = n$ es el número total de píxeles en una imagen.

En un histograma acumulativo la función de distribución es

$$H_{\text{Cumu}}(k) = \sum_{i=0}^k n_i \quad (2)$$

donde $H_{\text{Cumu}}(k)$ es el número de píxeles que son menos que o igual a k .

Mediante el histograma se obtuvo la extracción de una matriz no visualizada para el usuario de la interfaz, Su función fue la extracción de tamaño de pixel para realizar el cálculo de distancias de un objeto a otro, esto facilitó la asignación de áreas de restricción. Con esta misma acción se obtuvo la ubicación del objeto en detección. Estas coordenadas son cambiantes si el objeto posee movimiento.

Materiales, equipos y herramientas utilizadas en el prototipo

Se utilizó como entorno de programación LabVIEW, La principal ventaja de este software es su plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas con un lenguaje de programación visual gráfico. El lenguaje de programación visual (Lenguaje G), utiliza símbolos gráficos en lugar de lenguaje textual para describir acciones de programación.

Una de las ventajas del LabVIEW es que permite el desarrollo de programas informáticos complejos facilitando su programación, y disminuye los plazos de desarrollo, gracias a sus librerías de funciones dedicadas a la adquisición de datos, la instrumentación, al análisis matemático de las mediciones y la visualización.

LabView cuenta con el módulo "NI VisionBuilder AI", el cual contiene una extensa biblioteca de procesamiento de imágenes y funciones de visión artificial para mejorar imágenes, verificar presencia, ubicar características, identificar objetos y medir partes.

Permite construir aplicaciones altamente personalizadas en numerosos lenguajes de programación, como NI LabVIEW para programación gráfica, así como C, C++, C#, Visual Basic y Visual Basic .NET para entornos basados en texto. Además contiene el software "NI VisionAcquisition" con el cual se adquiere imágenes desde cámaras analógicas, digitales o especializadas.

Los programas desarrollados mediante LabVIEW se denominan Instrumentos Virtuales (VIs), porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real. La programación se hace con iconos los cuales representan funcionalidades, ligados entre ellos por cables quienes representan los flujos de datos (un poco a la manera de una tarjeta electrónica con sus componentes y circuitos integrados).

Dentro del equipo utilizado para el proyecto, está la herramienta para la adquisición de la imagen, se utilizaron cámaras web, cámaras inteligentes NI 1732. La webcams usadas fue de 16MP de Eyecam Nova con aditamentos de sensores de oscuridad.

El sistema operativo como plataforma de trabajo fue Windows 8 y LabVIEW en su versión 2014.

Diagrama de detección de imágenes por NI Vision Assistant

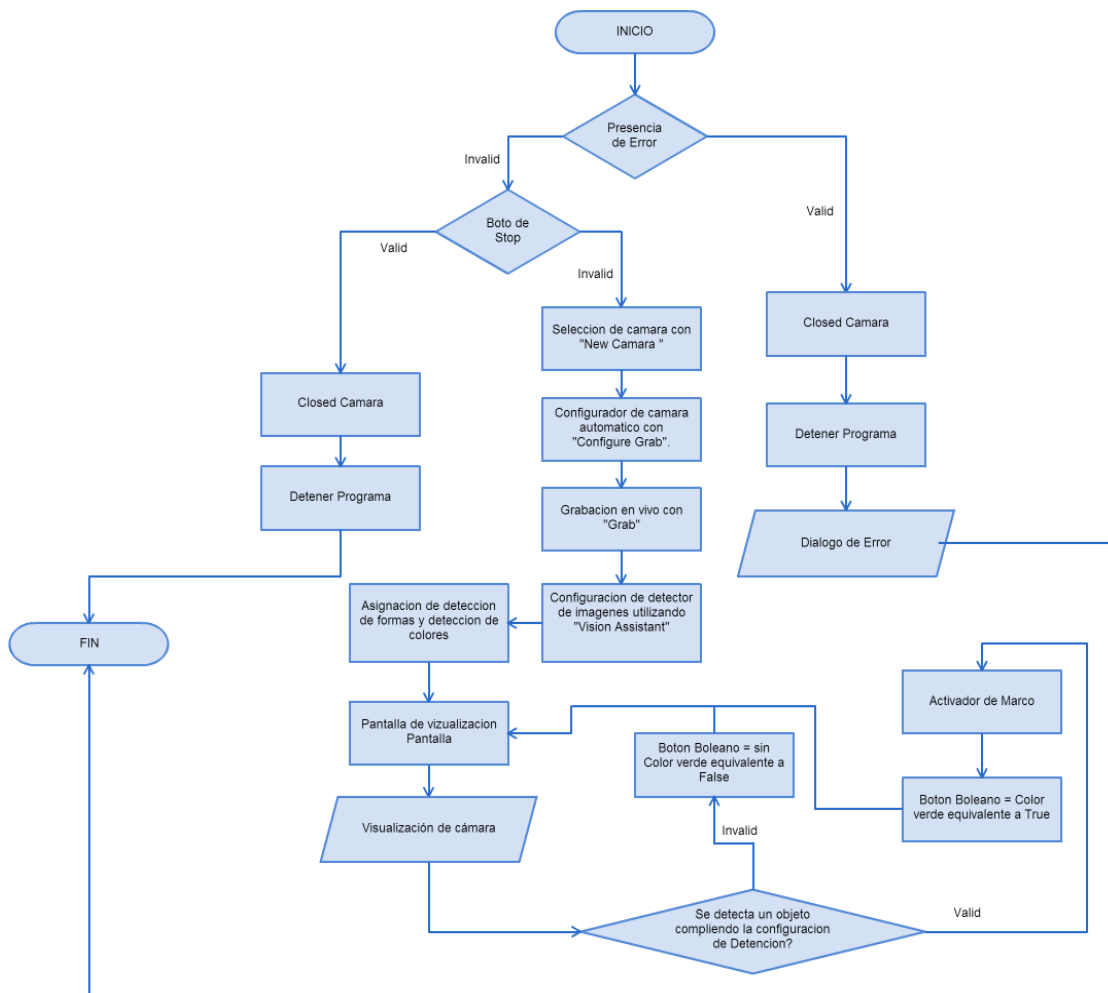


Fig. 2. Detección de imágenes con NI Vision Assistant

Procedimiento

- **Configuración del entorno de trabajo:** Se realizó la conexión de la cámara, se adaptó el entorno de trabajo y la integración de componentes en el entorno de desarrollo.
- **Adquisición de imágenes:** Se capturaron y transmitieron imágenes en áreas de riesgo.

- **Filtrar:** Se filtraron las imágenes adquiridas, para eliminar algunas impurezas que puedan causar problemas en las etapas posteriores y para ello se utilizaron filtros lineales y no lineales.
- **Extracción del área de interés:** El tamaño y posición del objeto de interés pudo variar dentro de la imagen, pudo haber sido rotado y/o desplazado horizontalmente por lo que se utilizaron como referencia algunos de los índices visuales encontrados en la etapa anterior para ubicar el objeto de interés dentro de la imagen y extraer de forma automática el área donde se presenta el riesgo.
- **Reconocimiento:** Labview maneja tres formas de reconocimiento: por figura, color y mediante la partición de una matriz de una imagen, esta última usada en para el proyecto .
- **Desarrollo de la interfaz:** Se desarrolló una aplicación de software en LabVIEW que permitirá realizar el reconocimiento de formas y situaciones de riesgo.

Resultados y discusión

El resultado del diseño de la interfaz de visión para la prevención de accidentes se describe a continuación.

Acceso al sistema

Se realizó una pantalla de ingreso al sistema la cual maneja dos tipos de accesos de seguridad, el de tipo administrador y el del tipo operario. La diferencia entre ambas decisiones es la representación de información y sus actividades. El administrador cuenta con los permisos para asignar el área de prevención de accesos no identificados, guardar y gestionar la base de datos de imágenes almacenadas.

La pantalla de operador solo cataloga y seleccionar la imagen a guardar, esta imagen se almacena en la carpeta del Administrador ya que es quien controla la mayor parte del programa.

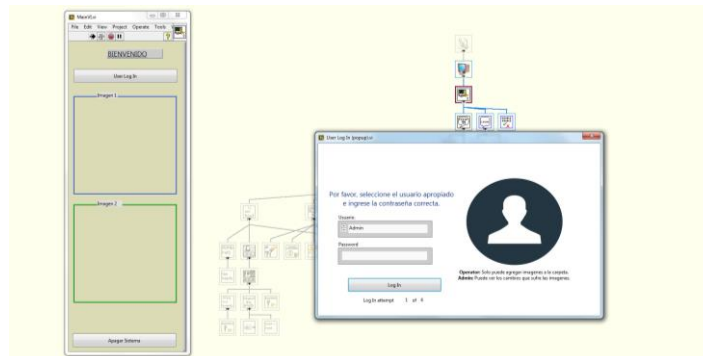


Fig. 3. Pantalla de acceso al sistema

Interfaz del Administrador

Esta pantalla muestra la interacción del administrador para la selección de las imágenes captadas, se realiza la selección de imagen por medio de los controladores de detección, para así continuar con el evento de reconocer imagen. Al ser está reconocida la ubicara un marco color rojo que la ha detectado en el escenario de la cámara. La función de marco es seguir al objeto y si se accede a un área riesgo esta active una alarma. La imagen detectada se almacenada en la base de datos de imágenes (BDImagen) y es guarda automáticamente en la carpeta del administrador.

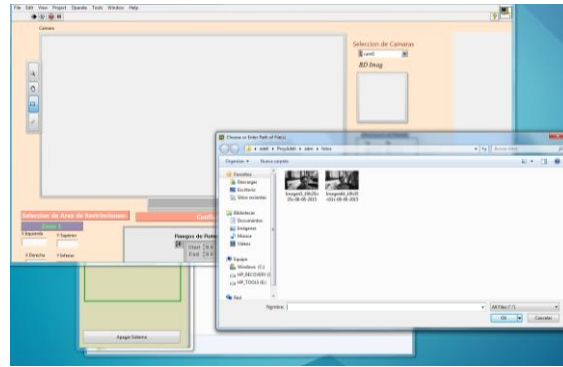


Fig. 4. Pantalla de selección de imágenes a identificar

El formulario cuenta con dos pantallas de diferentes tamaños. La pantalla del área de trabajo principal corresponde a la imagen en procesamiento de escalas de grises y la pantalla ubicada en la parte derecha a la de color. Dentro de este mismo escenario y en medio de las dos pantallas se ubica la BDImagen donde actualmente están las imágenes cargadas. Al lado de la imagen de escalas de grises se muestra una barra (posición izquierda) donde se ubican iconos para selección de imagen a reconocer. Al ser seleccionada la imagen esta se carga a la BDImagen sin guardar a la carpeta hasta que den clic al botón de reconocer, botón ubicado en medio de las dos tomas de video a una esquina de las coordenadas de ubicación de la imagen que se ha seleccionado. Al ser reconocida aparecerá un marco de color rojo, notificación que ya ha reconocido el objeto.

Este marco parpadea al momento que detecte movimiento al objeto con la activación de seguimiento imagen. Si surge el caso de que el objeto presente movimientos no continuos se deberá de elegir la opción de Rotations en ítems, para poder seguir a la imagen en sus diferentes coordenadas y acciones.

En la sección de áreas restringidas se ubican en coordenadas de X y Y para transcribir la zona que se desea reconocer como zona de riesgo. El programa está sujeta a tres zonas donde las alarmas están conectadas para activarse en el momento que identifique el objeto ubicado en BDImagen.

La codificación es realizada en lenguaje grafico como se muestra en la siguiente figura

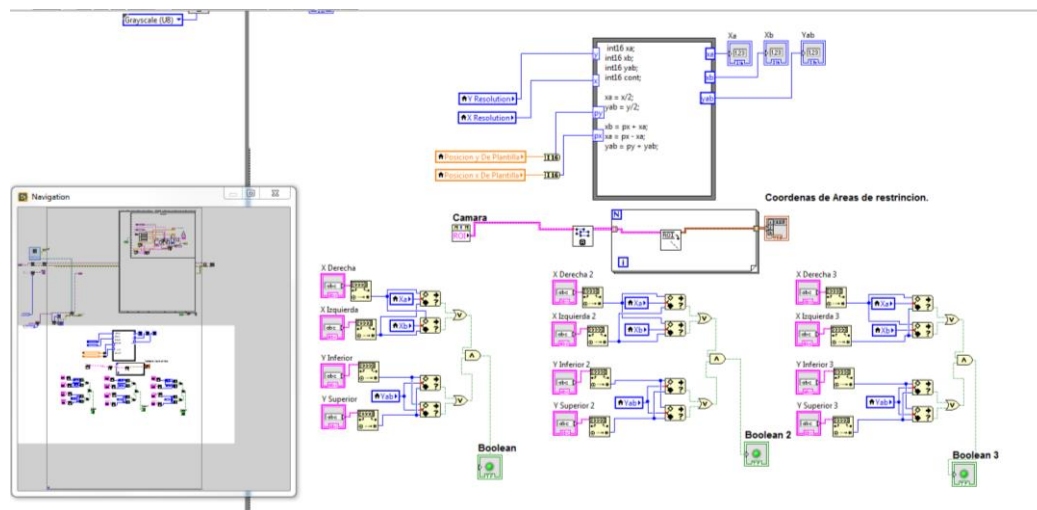


Fig. 5. Código del formulario del administrador

Interfaz del Operario

La pantalla de operador solo podrá catalogar y seleccionar la imagen a guardar, esta imagen se almacenará en la carpeta del Administrador quién controlará la mayor parte del programa.

Al ingresar a la pantalla de operador por default se activará la pantalla de almacenaje de archivo de imagen y solo es cuestión de seleccionar el botón con la palabra ok. Al realizar dicha acción se activarán las cámaras.

Cuenta con los focos de alarma que se activan al reconocer imágenes que se encuentran en la BDImagen la cual no se visualiza, por seguridad de la información. Se visualiza la catalogación de imagen en la pantalla de foto. La toma de imagen es tomada al dar clic al botón de foto que se encuentra a su lado. Cuenta con la visualización de zonas restringidas bloqueadas de edición para evitar inconsistencia en el sistema.

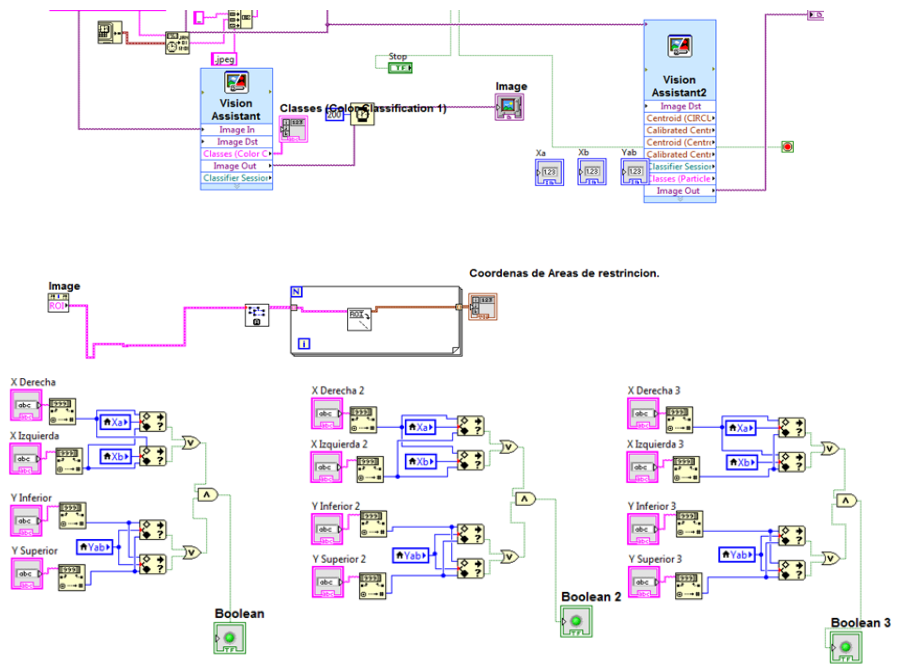


Fig. 6. Código de la interfaz del operador

Detección de zonas de riesgo

En caso de tratarse de una zona de riesgo, el sistema detectará la zona peligrosa que previamente habremos identificado como tal a través de la imagen captada, gracias a la opción de filtrado de la imagen, se ha permitido indicarle al sistema cuál región en específico deseamos que se extraiga la información de las imágenes para su posterior procesamiento.

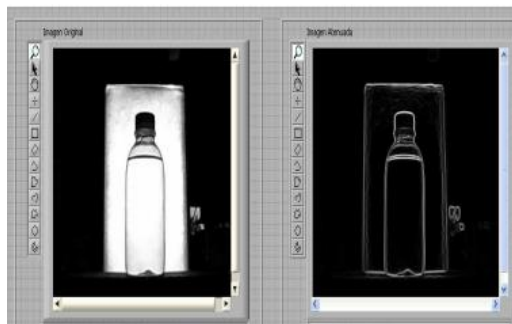


Fig. 7. Aplicación de filtros y contornos

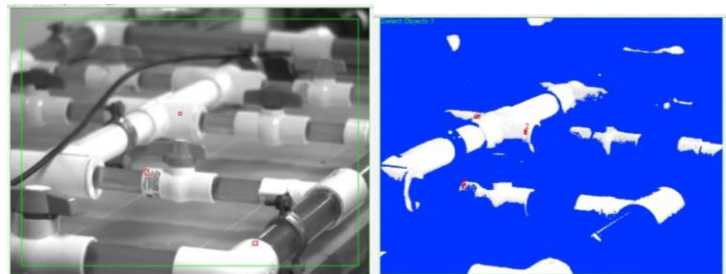


Fig. 8. Zona de riesgo definida por el sistema

En esta etapa de desarrollo del proyecto los resultados alcanzados han logrado el reconocimiento de las zonas de riesgo a través del sistema, las aplicaciones de histograma, escalas grises y configuración aplicados al procesamiento de imágenes ha cumplido las expectativas de la detección de las zonas de riesgo, mediante una

interfaz gráfica de usuario amigable se ha logrado capturar, procesar, segmentar y reconocer las imágenes que identifiquen situaciones de riesgo.



Fig. 9. Objetos detectados

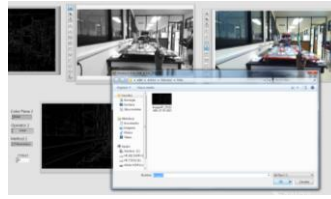
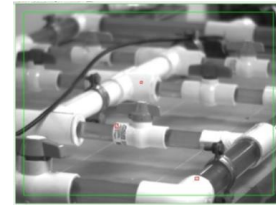


Fig. 10. Manipulación de imágenes en el sistema y conversión en escala de grises de la zona de riesgo detectada.



Trabajo a futuro

Un gran paso se ha logrado con el diseño y construcción de la interfaz de visión, el siguiente paso es integrarlo a un ambiente de trabajo en una banda transportadora a nivel prototipo donde se estén captando imágenes y seleccionado situaciones de riesgo más comunes, las cuales permitirán contar con una base de conocimiento para el sistema en actos inseguros, activar alarmas físicas, ya sea sonoras o visuales a través del sistema y que no estén integradas a la interfaz. También es posible tener mejoras mediante una cámara inteligente para la captación de las imágenes y así el sistema contará con mejor base de conocimiento y poder integrarlo en un futuro a una línea de producción real verificando su eficacia.

Conclusiones

Se diseñó una interfaz de visión aplicada a la detección de situaciones de riesgo para la prevención de accidentes, el sistema es alimentado mediante imágenes que detectan estas situaciones, se comparan con una base de conocimientos de imágenes ya captadas y se activan alarmas preventivas mediante el sistema. Los resultados de este procesamiento de imágenes es el punto de partida para integrar un sistema más complejo que permita detectar actos inseguros para evitar accidentes ya sea leves o graves, el contar con un sistema de visión que reconozca patrones de comportamiento considerados anormales dentro de su base de datos de conocimiento y por consecuencia actuar de manera directa ante la situación de riesgo

Referencias

1. Russell, S.; Norving, P. (2009). Artificial intelligence: a modern approach, 3° ed. Ed. Pearson Education, Inc., London.
2. González, A. y otros. (2006). Técnicas y algoritmos básicos de visión artificial, Universidad de la Rioja, servicio de publicaciones, España.
3. Centro de Visión por computadora (CVC), "HERMES, nuevo sistema de visión por computador para analizar el comportamiento humano", Universidad Autónoma de Barcelona [en línea], disponible: <http://noticias.universia.es/ciencia-nn-tt/noticia/2010/01/14/656215/hermes-nuevo-sistema-vision-computador-analizar-comportamiento-humano.html>, sitio visitado 28/11/2014.
4. Cabello, E.; Conde, C.; Rodríguez, L., "Detección automática de conductas sospechosas en aeropuertos", Universidad Rey Juan Carlos [en línea], disponible: http://www.academia.edu/7823169/Detección_automática_de_conductas_sospechosas_en_aeropuertos, sitio visitado: 02/12/2014.
5. Zambrano, G.; Parra, C.; Manrique, M.; Bustacara, C. (2007) "Estación de control de calidad por visión artificial para un centro de manufactura integrada por computador (CIM)", Ing. Univ. Bogotá (Colombia), vol.11, pp.33-55, Enero-Junio.
6. Higuera, O. (2007) "Estimación de movimiento en secuencia de imágenes, una aplicación de la visión artificial", Revista Colombiana de Tecnología Avanzada, vol. 1, número 7, pp. 48-53.
7. López, J. y otros. (2005) "Desarrollo de un sistema de visión artificial para el control eficiente de pulverizadores de cera en el tratamiento post-cosecha de la fruta", Univ. Politécnica de Valencia, Centro de Transferencia de Tecnología. Fundación Innova.
8. Jiménez, H.; Salas, J. (2011) "Una estrategia para la selección dinámica de características aplicadas a la estabilización de secuencia de imágenes", Revista Computación y Sistemas, Instituto Politécnico Nacional de México, vol. 14, número 4, pp. 351-363.
9. Vélez, J. y otros. (2003) Visión por computadora, 2° ed. Ed. Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España.

Automatización y monitoreo mediante telefonía móvil de un sistema de riego

J.L. Sánchez Cuevas^{1*}, J. I. Hernández Vega², E.E. Castellanos Cebrera³, A.F. Contreras González⁴

¹Departamento de Ingeniería Eléctrica-Electrónica, Instituto Tecnológico de Nuevo León, Av. Eloy Cavazos No. 2001, Colonia Tolteca, C.P. 67170, Cd. Guadalupe, N.L., México

²División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Nuevo León, Av. Eloy Cavazos No. 2001, Colonia Tolteca, C.P. 67170, Cd. Guadalupe, N.L., México

³División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Nuevo León, Av. Eloy Cavazos No. 2001, Colonia Tolteca, C.P. 67170, Cd. Guadalupe, N.L., México

⁴División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Nuevo León, Av. Eloy Cavazos No. 2001, Colonia Tolteca, C.P. 67170, Cd. Guadalupe, N.L., México

*jonam.leonel.sanchez@itnl.edu.mx, jose.isidro.hernandez@itnl.edu.mx, castellanosee@hotmail.com, aldocontrego@gmail.com

Área de participación: Ingeniería Mecatrónica

Resumen

Se desarrolló la automatización de un sistema de riego por goteo en un cultivo de tomate a través de la supervisión de la humedad del suelo y con la ventaja de monitorear ésta variable de humedad y el nivel de agua disponible en el tanque de almacenamiento a través de mensajes de texto de telefonía móvil o celular. El valor de esta alternativa es la implicación de la tecnología para que el uso del recurso hídrico sea más eficiente, ya que solamente se suministrará agua a la planta cuando en realidad así lo requiera.

Los resultados muestran la automatización y el monitoreo a través de telefonía celular de un sistema de riego mediante el uso de dispositivos electrónicos y sensores que miden la humedad en la zona radicular de las plantas.

Palabras clave: Sistema de riego por goteo, Humedad del suelo, Telefonía Móvil, Recurso Hídrico.

Abstract

Automation of a drip irrigation system was developed in a tomato crop by monitoring soil moisture and with the advantage of monitoring this variable and the level of available water in the storage tank through mobile text messages. The value of this alternative is the implication of technology for the use of water resources more efficient due to only the necessary water will be supplied to the plant when in fact requires it.

The results show the automation and monitoring via cell phone from an irrigation system by the use of electronic devices and sensors to measure moisture in the root zone of plants.

Keywords: Drip irrigation system; Soil moisture, Mobile, Water resource.

Introducción

La agricultura emplea el 70 por ciento de toda el agua utilizada en el mundo y la Organización para la Agricultura y Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) estima que el agua destinada al riego aumentará un 14 por ciento para 2030. La agricultura en México utiliza anualmente cerca del 77% del total de agua disponible en el país. La mayoría de los agricultores que hacen uso de ella operan con sistemas de riego por inundación cuyas eficiencias de aplicación a nivel parcelario son menores al 50%. El problema radica en que en la mayoría de los sistemas de riego se desperdicia agua [1].

Existen varios tipos de sistemas de riego donde primordialmente se encuentra el riego superficial, también llamado riego por inundación, riego por aspersión y el riego por goteo., dentro de estos el riego por inundación es el menos eficiente ya que no se aprovecha de una manera óptima el recurso hídrico., el riego por aspersión y

el riego por goteo tratan de hacer más eficiente el consumo de agua y de los cuales el sistema de riego por goteo ha demostrado ser el más eficiente y preciso ya que suministra agua de manera lenta y uniforme a baja presión a través de mangueras de plástico instaladas dentro o cerca de la zona radicular de las plantas [2]. Sin embargo estos sistemas de riego por goteo pueden ser más eficientes al detectar si la planta en realidad necesita el recurso hídrico como alimento.

Por lo tanto en este trabajo se propone la alternativa de un sistema de riego automatizado y monitoreado a través de telefonía móvil, haciendo uso de sensores de humedad de suelo, los cuales detectaran cuando realmente sea necesario el recurso hídrico en la cosecha, y cuando así lo sea activará de manera automática el sistema de riego por goteo. Para un monitoreo remoto de la humedad en el suelo en el caso de la activación y desactivación del sistema de riego se incluye un sistema de telefonía móvil el cual mantendrá al usuario informado a través de mensajes de texto estos hechos. Además a través de los mensajes de texto se le puede informar al usuario cuando ya se terminó el agua del tanque de almacenamiento, esto como un sistema de alerta para el usuario.

El valor de esta alternativa es la implicación de la tecnología para que el uso del recurso hídrico sea más eficiente, ya que solamente se suministrará agua a la planta cuando en realidad así lo requiera, además resaltar que se tendrá un sistema automatizado de riego y con la ventaja de ser monitoreado a través de mensajes de texto de telefonía móvil o celular.

En nuestro trabajo centraremos la implementación del sistema de riego automatizado y monitoreado en la planta de tomate. El tomate ha pasado a ser un cultivo de importancia económica mundial. México representa a nivel mundial el segundo país con mayor exportación de tomate, seguido de Holanda. En cuanto a su producción de manera protegida el tomate representa en México el 70% de los cultivos a nivel nacional. El tomate está conformado por el 94% de agua por lo cual el agua es uno de los factores más importantes que impactan en la producción, aun siendo una planta de clima caliente semiárido. La falta de humedad provoca deficiencia en el crecimiento, cambios en las etapas fenológicas, hojas enanas y por lo tanto reducción de la vida útil y rendimiento de la planta [1].

Metodología

El sistema de riego automatizado y a su vez monitoreado permite optimizar el uso del agua en cultivos a través de sensores que miden la humedad en la zona radicular de las plantas. La ventaja de regar por la falta de humedad requerida, permite que el cultivo no entre en estrés, con lo que se garantiza el mejor producto agrícola posible., además se tiene la posibilidad de monitorear a través de mensajes de texto la humedad del suelo cuando la planta requiere el agua y/o cuando llego a su límite primordial, a su vez el monitoreo cuando la cisterna se haya quedado sin agua con la finalidad de supervisar el sistema de riego.

Materiales

Se utilizaron: Una tarjeta Arduino que es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. Un radio modem comúnmente llamado GSM Shield el cual permite a la tarjeta Arduino mandar y recibir mensajes de texto o Servicio de Mensajes Cortos (SMS, por sus siglas en inglés). Para el prototipo se utilizaron dos sensores de humedad de suelo, los cuales pueden ser más de acuerdo al área del cultivo. Un celular para monitorear el recibo de los mensajes de texto. Y por último dispositivos de protección, relevadores y cable para realizar las conexiones a la bomba de agua principal que distribuye el agua a través de las mangueras del sistema de riego por goteo.

En la Figura 1 se muestra lo que incluye el controlador principal que es la tarjeta Arduino y el radio modem GSM Shield que se empotra arriba de la tarjeta principal.

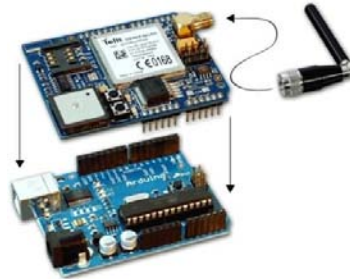


Figura 1. Tarjeta controladora Arduino (abajo) y tarjeta modem GSM Shield con antena (arriba).

Parámetros del sensor de humedad de suelo

El sensor matricial granular (SMG) es utilizado para medir la humedad del suelo. El sensor tiene sólo 7,5 cm de largo, y normalmente se entierra verticalmente en el suelo. De modo similar a los bloques de yeso, los sensores SMG utilizan para su funcionamiento el principio de la resistencia eléctrica variable. Los electrodos del SMG están empotrados en un relleno granular y situados encima de una placa de yeso. Debajo de la placa se encuentra más materia matricial granular envuelta por un tubo de malla que permite la entrada y salida del agua del sensor. Disuelto en agua, el yeso es un conductor de electricidad bastante eficaz. Por eso, cuando el sensor contiene mucha agua, la corriente eléctrica fluye bien. Cuando hay mucha agua en el suelo, también hay mucha agua en el sensor. Mientras va secándose el suelo, el sensor también se seca, y la resistencia al flujo de electricidad aumenta. La resistencia al flujo de electricidad (expresada en Ohms) y la temperatura del suelo se utilizan para calcular de forma aproximada la tensión de humedad en el suelo en centibares (cb). La Tensión Matricial del Suelo (TMS) es la fuerza que las raíces de las plantas deben emplear para extraer agua del suelo. Esta tensión refleja el nivel de humedad en el suelo. Cuanta más alta la tensión, más seco está el suelo.

La Tabla 1 muestra lo que un SMG instalado en un suelo de textura media indica [3].

Tabla 1. Indicador de estado en base a la Humedad del suelo en centibares (cb)

Humedad del suelo (cb)	Indicador
Mayor a 80 cb	Suelo seco.
Entre 20 y 60 cb	Es la TMS típica antes de regar.
Entre 10 y 20 cb	Indica que el suelo está cerca de su capacidad máxima de retención de humedad
Entre 0 y 10 cb	Indica que el suelo está saturado.

Un SMG puede indicar, por ejemplo, si la lluvia de anoche fue suficiente para regar un campo de tomates. Puede indicar si se ha de regar con mayor frecuencia en el mes de julio que en junio. Ya que los datos provienen directamente de la zona de raíces del cultivo y es una información que complementa eficazmente los conocimientos agrícolas. Para la medición eléctrica del SMG se adaptaron sus electrodos a un convertidor lineal de resistencia eléctrica a voltaje, donde la salida de voltaje es directamente proporcional al TMS. En la Figura 2 se muestra la preparación para la instalación de los sensores matriciales granulares o sensores de humedad en la zona radicular de la planta.



Figura 2. Preparación para la instalación de sensores matriciales granulares o sensores de humedad de suelo.

Acoplamiento del sensor de humedad al controlador principal

El controlador principal es el microcontrolador ATMEGA 328 el cual se encuentra integrado en la tarjeta Arduino UNO el cual puede ser programado con instrucciones para interactuar con puertos de entrada y/o salidas [4]. La tarjeta Arduino puede tomar información del entorno a través de sus entradas analógicas y digitales. La placa Arduino UNO posee 6 entradas analógicas conectadas a un convertidor analógico digital de 10 bits.

El sensor de humedad SMG a través del convertidor lineal mencionado anteriormente da valores de voltajes directamente proporcionales a la humedad del suelo TMS. Por lo que una vez obtenido estos datos se verificó que para 0 centibares (sensor completamente húmedo) se tenía un voltaje de 0 volts y para 240 centibares (sensor completamente seco) que es el máximo rango de medida del sensor, se tenía un voltaje de 2.811715 volts, teniendo una escala lineal de 0.0117155 V por cada unidad de humedad o centibares. Estos valores de voltaje fueron suministrados a una de las entradas analógicas de la tarjeta Arduino y se procedió a realizar el algoritmo de programación. Dentro del algoritmo de programación se establecieron los límites de la humedad de suelo en la cual la unidad mínima de humedad de suelo preferida para el Tomate es de 45 centibares y la unidad máxima de humedad 10 centibares [5].

Además es utilizado un sensor de límite en el tanque que suministra el agua al sistema de riego, este sensor es tipo switch, cuando existe agua en el tanque hay 0 volts en una entrada digital de la tarjeta Arduino y cuando el nivel de agua haya llegado a su nivel inferior envía 5 volts a la entrada digital del Arduino, para posteriormente ser programada de acuerdo a las necesidades.

Automatización de los elementos externos

Una vez acoplado el sensor o los sensores de humedad a la tarjeta Arduino y una vez programado los límites de humedad de suelo se programaron las salidas digitales para la activación/desactivación de la bomba de agua, la cual se activaba al llegar a la unidad mínima de humedad y así suministrar agua de la cisterna a las mangueras del sistema de riego por goteo, y una vez llegado al límite máximo de humedad se desactivaba la bomba de agua. En la Figura 3 se observa la distribución del hardware de una manera integral utilizado en el sistema de riego automático.

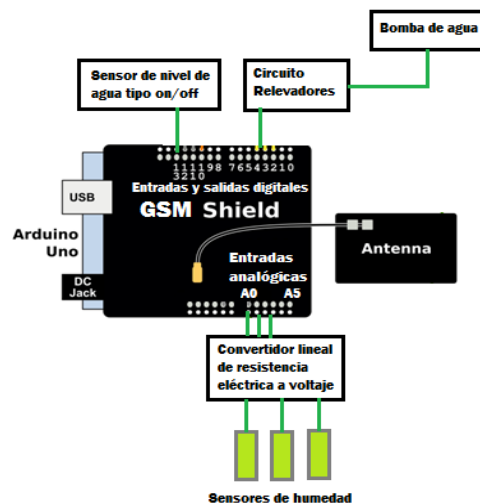


Figura 3. Distribución del hardware utilizado en el sistema de riego.

Monitoreo de la humedad mediante mensajes de texto

Se acopló a la tarjeta Arduino un radio modem llamado GSM Shield el cual permite a la tarjeta Arduino mandar y recibir mensajes de texto SMS. Se programó el GSM Shield de tal manera que cuando la humedad de suelo TMS llegara a su nivel mínimo de humedad se le avisara al usuario mediante un mensaje de texto el valor de humedad detectado y la activación del sistema de riego por goteo, de igual manera se le avisaba al usuario cuando la humedad de suelo TMS llegara a su nivel máximo de humedad y la desactivación del sistema de riego por goteo.

Cabe mencionar que la mensajería de texto es a través del protocolo de comunicación Sistema Global para las comunicaciones Móviles (GSM, por sus siglas en inglés), el cual indica que cualquier teléfono aunque sea gama baja pero que disponga de mensajería de texto puede recibir mensajes prácticamente en cualquier parte del mundo.

En la Figura 4 se muestra la integración del sistema el cual consta del control principal que incluye la tarjeta Arduino, el radio modem GSM Shield, dispositivos de protección, relevadores y cables. Incluye el sistema el tanque de agua, bomba, sensores de humedad y mangueras para el sistema de riego por goteo.

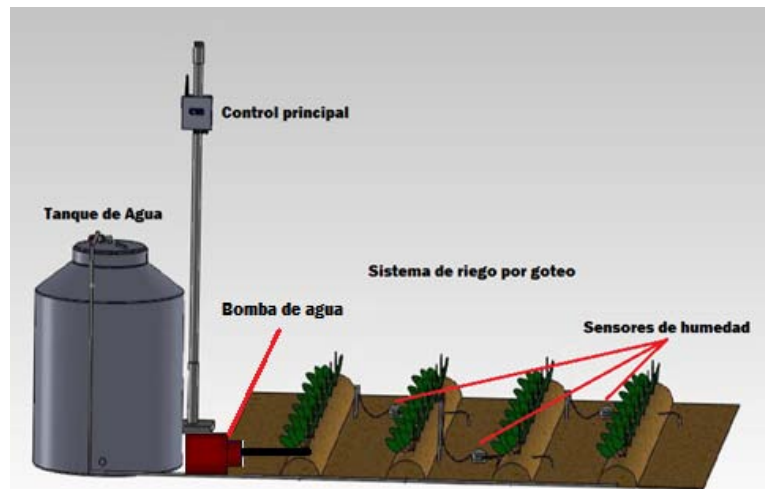


Figura 4. Sistema de riego automatizado y monitoreado mediante telefonía móvil.

Resultados y discusión

Automatización del sistema de riego por goteo

Con la adaptación de diferentes tecnologías se logró la automatización del sistema de riego por goteo. En la Figura 5 se muestra el resultado de las variaciones de la humedad de suelo con respecto a los días del mes, y cuando la humedad del suelo o la tensión matricial del suelo llega al nivel mínimo de humedad para un plantío de tomate lo cual es 45 centibares se activa automáticamente el sistema de riego por goteo y cuando la humedad llega a su nivel máximo que es 10 centibares se desactiva el sistema de riego por goteo y se espera su activación hasta llegar al nivel mínimo de humedad y esto es repetitivo debido a que el sistema de riego se encuentra automatizado.

Figura 5. Lecturas de humedad del suelo en un cultivo de tomate incorporando el sistema de riego automatizado

En la Figura 5 se observa que en el primer ciclo de riego su límite del 100% de humedad o 10 centibares fue alcanzado en el día 1 y por ende se desactivó el sistema de riego por goteo., posteriormente pasando 3 días se alcanzó el límite del 0% de humedad y se activó el sistema de riego por goteo., y para el segundo ciclo de riego se observa que entre alcanzado el 100% de humedad y hasta llegar al 0% de humedad pasaron 4 días a diferencia del primer ciclo, y esto es debido principalmente a cuestiones ambientales quizás una pequeña lluvia lo cual retardó alcanzar el 0% de humedad. Además cabe mencionar si observamos la Figura 5 que cuando la humedad del suelo llega al umbral establecido de 10 centibares como umbral máximo de humedad de suelo, sabemos que inmediatamente se desactiva el sistema de riego por goteo pero por el efecto de filtración la humedad continua marcándose en el sensor SMG al menos en 1 o 2 centibares menos del umbral indicado, sin embargo este efecto es natural y puede ser ajustando el algoritmo de programación.

Estos resultados muestran una manera de automatizar el sistema de riego por goteo en un cultivo de tomate. Hasta el momento este método es una alternativa a aquellos publicados hasta el momento.

Uso adecuado del recurso hídrico y un adecuado crecimiento de la planta de tomate

Con el monitoreo de la humedad del suelo se identifica claramente cuando una planta requiere agua y cuando la planta llega a su nivel permitido de humedad. Con esto la ventaja principal es la optimización del recurso hídrico ya que no hay desperdicios de agua y solamente se utiliza la cantidad de agua requerida por la planta. Además al estar monitoreando la humedad del suelo en la zona radicular de la planta y estar proporcionando el adecuado recurso hídrico la planta no entra en estrés y produce un mejor y adecuado crecimiento. En la Figura 6 se muestra la planta de tomate en macetas para pruebas de laboratorio, posteriormente la planta de tomate en el cultivo., logrando tener un adecuado crecimiento y haciendo uso eficiente del recurso hídrico.



Figura 6. Planta de tomate en prueba de laboratorio (izq.), y planta de tomate en el cultivo (der.)

Monitoreo de la humedad de suelo mediante los sistemas de telefonía móvil

Con la adaptación del radio modem GSM Shield al controlador principal y con la adecuada programación se logró obtener mensajes de texto a un teléfono celular indicando el estatus del sistema de riego por goteo. Cabe mencionar que la tecnología GSM utilizada en este radio modem es la tecnología de comunicación a nivel mundial por excelencia [6], es decir que la recepción de mensajes se puede hacer desde prácticamente cualquier parte del mundo.

En la Figura 7 se observa la llegada de un mensaje de texto SMS indicando que la humedad del suelo a llegado al 100% de humedad o 10 centibares y por ende se desactiva el sistema de riego por goteo.

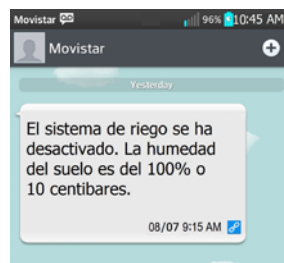


Figura 7. Mensaje de texto indicando la desactivación del sistema de riego por goteo y que la humedad del suelo ha llegado al 100%.

En la Figura 8 se observa la llegada de un mensaje de texto SMS indicando que la humedad del suelo a llegado al 0% de humedad o 45 centibares y por ende se activa el sistema de riego por goteo.

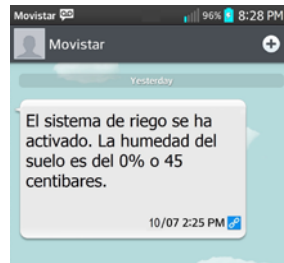


Figura 8. Mensaje de texto indicando la activación del sistema de riego por goteo y que la humedad del suelo ha llegado al 0%.

Este resultado muestra la manera de monitorear un sistema de riego por goteo en un cultivo de tomate mediante telefonía móvil. Hasta el momento no se ha encontrado formalmente el monitoreo de un sistema de riego mediante telefonía móvil.

Alertas de seguridad mediante los sistemas de telefonía móvil

Con la adaptación del radio modem GSM Shield al controlador principal y haciendo uso del sensor de nivel del tanque de almacenamiento y además de una adecuada programación se logró obtener mensajes de texto a un teléfono celular indicando alertas del nivel del tanque de almacenamiento., esto con la finalidad de avisar al usuario cuando se haya agotado el recurso de agua en el tanque.

En la Figura 9 se observa la llegada de un mensaje de texto SMS indicando que el nivel de agua en el tanque de almacenamiento para suministro del sistema de riego ha llegado a su límite inferior.

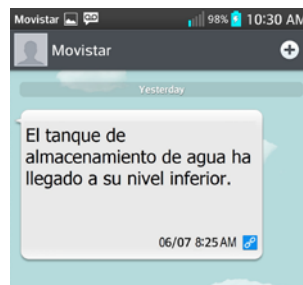


Figura 9. Mensaje de texto indicando que el tanque de almacenamiento de agua ha llegado a su nivel inferior.

Este resultado muestra la manera de monitorear el tanque de almacenamiento de agua mediante telefonía móvil.

Interfaz Gráfica

Además como una opción extra se desarrolló una interfaz gráfica en la cual conectando una computadora al controlador principal podemos monitorear la humedad del suelo y el nivel de agua en la cisterna mediante una aplicación realizada en Visual Basic. En la Figura 10 se muestra la aplicación de monitoreo.



Figura 10. Interfaz gráfica de tiempo real en el monitoreo de humedad y nivel de agua en la cisterna

Trabajo a futuro

El siguiente paso del proyecto desarrollado es el envío de datos a una base de datos que se encuentre en Internet, dado que una de las cualidades del radio modem GSM Shield es que tiene la característica de mandar datos mediante el protocolo Servicio General de Paquetes vía Radio (GPRS, por sus siglas en inglés), así mismo posteriormente mandar este tipo de datos y alertas a las redes sociales.

Conclusiones

Se desarrolló un sistema de riego automatizado y monitoreado a través de un celular mediante el uso de mensajes de texto. Los resultados prueban el éxito del proyecto ya que con la interacción de diferente tecnología fue posible llevar a cabo una solución para la optimización de recursos hídricos en los cultivos agrícolas.

Referencias

1. Chavez, C.; Fuentes, C.; Ventura, E. (2010). "Uso eficiente del agua de riego por gravedad, utilizando yeso y poliacrilamida", Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C, vol.28, núm. 3, pp 231-238, México.
2. Shock, C.C.; Welch, T. (2013). "Drip irrigation: An Introduction", Sustainable Agriculture Techniques, Oregon State University; U.S.A.
3. Shock, C.C.; Flock, R.; Feibart, E. (2005). "Irrigation Monitoring Using Soil Water Tension", Sustainable Agriculture Techniques, Oregon State University; U.S.A.
4. Boxall, J.; (2013). Arduino Workshop, 1a Ed. Ed. No Starch Press; U.S.A.
5. De la Fuente, A.; (2006). "Programación del riego con tensiometros", Scientia Tech Asesoría, S.C., México.
6. Rappaport, T.; Buherer, R.M.; (2002). "Wireless Communications: Past Events and Future Perspective", IEEE Communications Magazine; U.S.A.

Diagnóstico y análisis de tumores cerebrales mediante reconstrucción e impresión 3D

G.A. González-Villagómez¹, C. Hernández-Navarro^{1,2}, A. Sancén-Plaza¹,
D.E. Madrigal-Díaz³, A. Jaime Montes¹

¹Departamento de Ingeniería Biomédica, Universidad de Celaya, Carretera Panamericana km 269, Rancho Pinto, 38080 Celaya, Guanajuato

²Departamento de Ingeniería Mecánica, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Celaya, Antonio García Cubas Pte #600 esq. Av. Tecnológico. Celaya, Guanajuato

³Centro De Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Av. del Bosque 1145, el Bajío, 45019 Zapopan, Jalisco

*carolina.hernandez@itcelaya.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Mecatrónica

Resumen

Para poder realizar un correcto diagnóstico de tumor cerebral, primero es necesario exploración física y neurológica, y posteriormente la aplicación de pruebas de imagenología, las cuales permiten determinar de la forma más precisa el grado de actividad y la extensión del tumor. Con el incremento del uso de imagenología médica, así como los avances en las tecnologías en prototipado rápido (PR), este trabajo sugiere la combinación de estas técnicas para mejorar el diagnóstico y análisis de tumores cerebrales. Utilizando estos datos, se crearon modelos en impresión 3D de estructuras anatómicas. Aplicando esta técnica, se pueden crear modelos de diferentes tipos de tumores craneales, que pueden ser fácilmente comprendidos en comparación con reconstrucciones en 2D. Por lo tanto resultan adecuados para facilitar un diagnóstico médico, así como su utilización con fines educativos.

Palabras clave: Tumor cerebral. Imagenología médica. Segmentación. Impresión 3D.

Abstract

In order to make a correct diagnosis of brain tumor, physical and neurological examination is necessary first, and then the application of radiological tests, which allow to determine more accurately the level of activity and the extent of the tumor. With the increased use of medical imaging as well as advances in rapid prototyping technologies, this work suggests the combination of these techniques to improve diagnosis and analysis of brain tumors. Using these data, models were created in 3D printing anatomical structures. Applying this technique can create models of different types of brain tumors, which can be easily understood in comparison to 2D reconstructions. Therefore they are suitable to facilitate medical diagnosis and its use as an educational.

Introducción

El término “tumor cerebral”, se refiere a la colección de neoplasmas, cada uno con su propia biología, pronóstico y tratamiento; estos tumores son conocidos como “neoplasmas intracraniales”, debido a que no todos surgen del tejido cerebral [DeAngelis, 2001]. Los tumores cerebrales están clasificados de acuerdo a las bases de la histopatología en los siguientes grupos histológicos principales: tumores del tejido neuroepitelial (incluyendo astrocitoma [grado II], astrocitoma anaplásico [grado III], glioblastoma [grado IV], oligodendroglioma, y ependimoma), tumores de meninges (incluyendo meningioma y hemangioblastoma), tumores de células germinales y tumores de regiones (incluyendo tumores pituitarios y craneofaringioma) [DeAngelis, 2001]. Los tumores cerebrales pueden causar síntomas generalizados o focales. Síntomas generalizados reflejan un incremento en la presión intracraneal y consiste en dolores de cabeza, y cuando la enfermedad es severa, provoca náuseas, vómitos y parálisis. Los síntomas focales y signos, como hemiparesia y afasia, reflejan la ubicación del tumor [DeAngelis, 2001]. Dentro de los tumores cerebrales, el glioblastoma, es el tumor primario cerebral maligno más común en adultos y, como la designación multiforme implica, un neoplasma de morfología heterogénea [Miller y Perry, 2007]. Actualmente, el tratamiento estándar para el glioblastoma recién diagnosticado, es la

resección quirúrgica en la medida de lo posible, seguida de radioterapia adyuvante. Sin embargo a pesar de los avances en cirugías, radiación, y quimioterapia, la mediana de supervivencia es generalmente menos de un año desde el tiempo de diagnóstico, y aún así en las situaciones más favorables, la mayoría de los pacientes muere en un período de dos años [DeAngelis, 2001].

La detección y segmentación de tumores cerebrales en imágenes de resonancia magnética (MRI) es importante en diagnóstico médico porque provee información asociada, tanto a estructuras anatómicas como a tejido potencial anormal, para la planeación y seguimiento del tratamiento que debe seguir el paciente. La segmentación de tumores cerebrales, puede ser también de utilidad para el modelado general de patologías cerebrales y la construcción de un atlas de patologías cerebrales [Toga y col., 2001]. La segmentación sirve como un elemento esencial en un gran número de estudios morfométricos que pueden evaluar varias hipótesis sobre la patología y la patofisiología de desórdenes neurológicos. El espectro de enfoque de segmentación disponible es amplio, que va desde el esboce manual de estructuras en secciones transversales en 2D, hasta innovadores métodos que utilizan registros deformables para encontrar la óptima correspondencia entre imágenes en 3D y un atlas etiquetado [Haller y col., 1997]. Sin embargo, a pesar de que un gran número de métodos de segmentación totalmente automáticos y semiautomáticos han sido descritos en la literatura, un gran número de investigaciones continúan enfocándose en la delimitación manual para la segmentación de imagen. Es por ello, que la obtención de resultados que puedan ser reproducibles, con una segmentación y caracterización de anomalías precisas, siguen siendo tareas deficientes y difíciles debido a la variedad de posibles formas, lugares y las intensidades de imagen de diversos tipos de tumores. Algunos de ellos también pueden deformar las estructuras circundantes, o tal vez pueden estar asociadas a edema o necrosis que permitan el cambio de la intensidad de la imagen alrededor del tumor.

Es por eso que es necesario la utilización de herramientas que pueda facilitar el diagnóstico temprano de las tumoraciones cerebrales y de esta forma poder aplicar los procedimientos médicos necesarios. ITK-SNAP es una multiplataforma de segmentación de contorno de código abierto muy utilizado en la segmentación y registro de imágenes de programas que ha sido muestreada digitalmente. Por lo general, la representación muestreada es una imagen adquirida de instrumentación médica, como CT (Tomografía Computarizada) o MRI.

Por otro lado, desde la introducción de métodos de prototipado rápido (PR) en aplicaciones médicas, estas técnicas han sido utilizadas en diferentes áreas de la medicina como maxilofacial [Sailer y col., 1988], vértebras [Mizutani y col., 2008] y cirugías ortopédicas [Potamianos y col., 1998]. Modelos basados en datos de imágenes CT pueden representar las anatomía del paciente y servir como apoyo en la planificación de intervenciones neurovasculares complicadas o peligrosas [Kinoshita y col., 1990]. Los pacientes se benefician de esta técnica en casos de resecciones tumorales [Yamazaki y col., 2007] y cirugías reconstructivas [Sailer y col., 1988], debido a que mejores capacidades de planeación permite cortos tiempos de operación, de anestesia, menos pérdida de sangre y por lo tanto una menor tasa de morbilidad durante la cirugía.

El propósito del trabajo es aplicar las herramientas mencionadas para generar un modelo de PR, que permita la creación de un modelo a escala real y que sea anatómicamente correcta, para realizar un diagnóstico y análisis médico más oportuno, además de que este puede beneficiar el entrenamiento de personal médico.

Metodología

Reconstrucción de imagen 3D

Para el desarrollo del proyecto, se utilizó una imagen MRI de un tumor cerebral de tipo glioblastoma en formato de Imagen Digital y Comunicaciones en Medicina (DICOM). La mejora fundamental necesaria en MRI, es el incremento del contraste. El contraste entre el cerebro y la región del tumor, puede estar presente en una MRI, pero por debajo del umbral de la percepción humana. Por lo tanto, para mejorar el contraste entre el cerebro normal y la región del tumor, se aplicó un filtro de nitidez a la MRI digitalizada. Para crear la imagen tridimensional del tumor cerebral, se utilizó el software de segmentación de imágenes interactivo de código abierto ITK-SNAP, desarrollado para implementar una segmentación del contorno activo de las estructuras anatómicas, permitiendo inicializado por el usuario mediante el empleo de segmentación regional superficies implícitas que evoluciona a la frontera más adecuada entre las estructuras vecinas. El software puede separar un componente de sus estructuras vecinas; permitiendo la evaluación de un área que está oculto por otros. El procedimiento para su realización se divide en tres escenarios, en el primero el usuario escoge entre los modelos de parametrización propuestos por Zhu y Yuille [1996] y el propuesto por Caselles y col. [1993], dependiendo del método seleccionado se calcula el mapeo de probabilidad $P_{obj} - P_{bg}$ o una función de velocidad gl . Estos mapeos se calculan aplicando un filtro de suavizado dependiendo el rango de intensidad de la estructura de interés. El segundo escenario, el usuario coloca esferas "semilla" las cuales se mezclaran con el contorno de la región de interés, permitiendo al

programa únicamente mostrar la estructura seleccionada. Como último escenario, se establece el comportamiento de evolución de contorno activo definiendo las variables α , β y γ de las ecuaciones de contorno. Encontrar los bordes de la imagen se puede hacer con un funcional también bastante sencillo. En particular el módulo al cuadrado del gradiente con signo negativo.

$$E_{edge} = -|\nabla I(x, y)|^2 \quad (1)$$

Reglas de segmentación

La segmentación general del cerebro humano se basa en definir las estructuras anatómicas según límites “primarios”, correspondientes a transiciones de intensidad de señal en las interfases cerebro-líquido cefalorraquídeo (LCR) o sustancia gris-sustancia blanca o por límites “secundarios”, basados en el conocimiento acerca de las subdivisiones anatómicas, ante la ausencia de transiciones de intensidad de señal entre estructuras. SNAP representa la segmentación asignando colores a los píxeles en la imagen. A cada una de las estructuras sólo se le puede asignar un color, no permitiendo por ello la segmentación con exactitud por debajo de un vóxel, lo que constituye la principal limitación de este sistema. La segmentación de estructuras anatómicas en SNAP significa asignar a cada vóxel constituyente del área en estudio una etiqueta (“label”). Esta etiqueta otorga un número entre 0 y 255. Asociado con cada una, existe un nombre y un conjunto de herramientas de ajuste, como el color usado para representarlas.

Con la segmentación manual, se traza una línea alrededor las estructuras y se le asignan diferentes colores a cada estructura anatómica. Después de la segmentación, el software genera imágenes en 3D, lo que permite ver los componentes del cerebro desde cualquier punto de vista. El trazado fue realizado mediante la delimitación en base a los criterios establecidos por protocolos previamente existentes de segmentación [Yushkevich y col., 2006]. La Figura 1, muestra un diseño conceptual del procedimiento a seguir

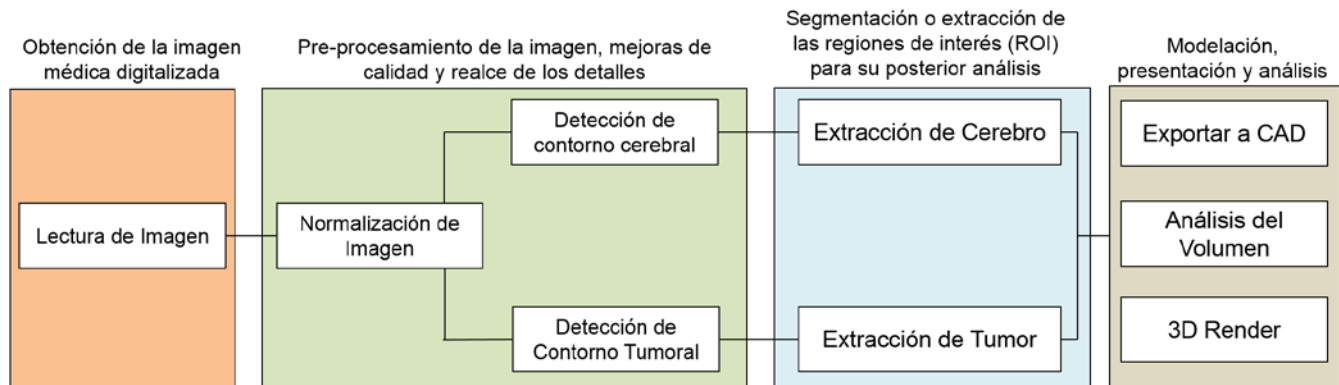


Figura 1. Diseño conceptual del procedimiento.

Impresión 3D

En este trabajo se utilizó una técnica de PR por la técnica de impresión por deposición donde por medio de la aplicación del polímero acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) negro en forma de filamento ($T_m = 235^\circ\text{C}$ $\rho = 1.1 \text{ g/cm}^3$) se va formando capa por capa un objeto sólido tridimensional. La impresora utilizada para este trabajo, fue la impresora MakerMex 3D Prusa I3 XL la cual permite trabajar con una calidad de impresión de 0.1 mm a 0.3 mm, con un volumen de 42 x 42 x 44 cm, un área de impresión de 20 x 40 x 20 cm y una velocidad de impresión de 30 mm/seg. El equipo utilizado para la impresión en 3D del tumor cerebral de tipo glioblastoma, se muestra en la Figura 1. Al contrario de equipos profesionales, el equipo permite impresiones a bajo costo y tiempos cortos.

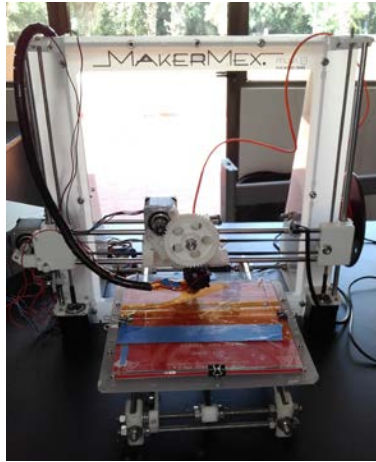


Figura 2. Equipo de impresión en 3D.

Resultados y discusión

Utilizando las herramientas de SNAP, se ha desarrollado un protocolo fiable para la segmentación manual de apilamiento de cortes en las tres vistas ortogonales. Además de las superposiciones de frontera, la segmentación está soportada por un despliegue en 3D de la estructura segmentada. El acoplamiento entre los cortes en 2D y el despliegue en 3D ayudan a reducir significativamente rebanadas y la ayuda de visualización 3D a reducir significativamente el apilamiento de cortes que es generalmente observada en este tipo de segmentaciones. La interfase de usuario de SNAP, enfatiza la naturaleza 3D de las imágenes médicas. La ventana principal (Figura 2) es dividida en cuatro paneles, tres se despliegan de las vistas ortogonales: axial, sagital y coronal, Figuras a,b,d, respectivamente; y la cuarta despliega la vista en 3D de la estructura del tumor cerebral segmentado (Figura c).

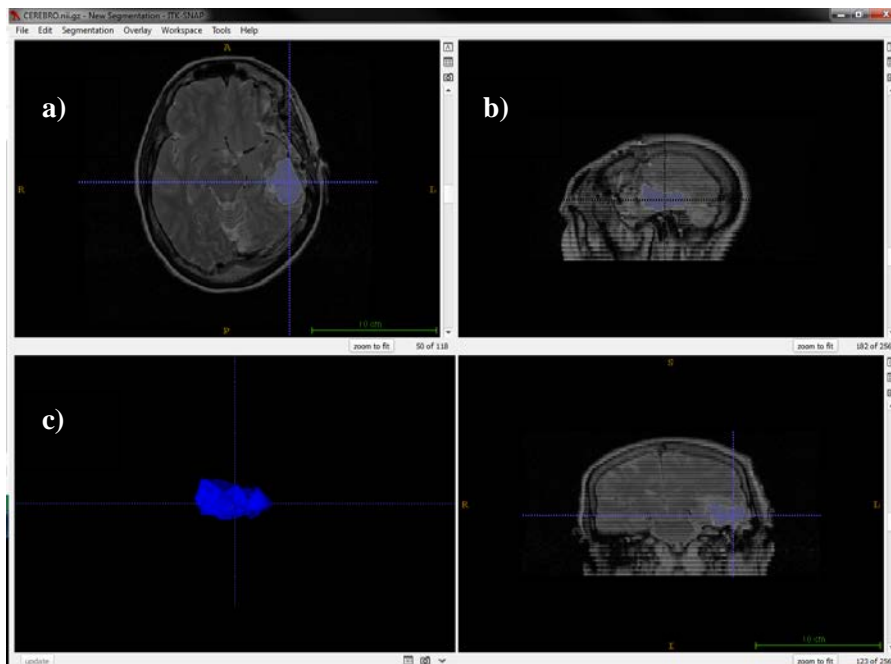


Figura 3. Interfase del usuario en SNAP que muestra: vistas ortogonales de la imagen volumétrica, ligadas por un cursor en común (líneas azules punteadas) (a,b,d) y estructura segmentada en tres dimensiones (c).

La Figura 4 muestra la vista en 3D en diferentes planos, del tumor cerebral segmentado. De acuerdo al método establecido de segmentación, el volumen calculado es de $7204.20 \text{ mm}^3 \pm 13.90$ y de una geometría irregular. La identificación de las diferencias individuales en la morfología de los tumores cerebrales, así como de su crecimiento, resulta fundamental para su tratamiento. La observación de un modelo en escala del tumor cerebral, permitiría estudiar la invasión tumoral y predecir modelos teóricos que cuantifiquen la proliferación tumoral y la invasión con la densidad vascular y el flujo sanguíneo.

Figura 4. Estructuras segmentadas del tumor en diferentes planos.

Utilizando DeVide, desarrollado en el TU Delft, los datos pueden ser procesados para obtener un volumen. DeVide trabaja con una estructura de red de programación visual. Arrastrando módulos en la red y conectándolos para mover los datos de un módulo (Figura 5a y 5b). La Figura 5c, muestra el modelo poligonal segmentado del tumor cerebral de tipo glioblastoma.

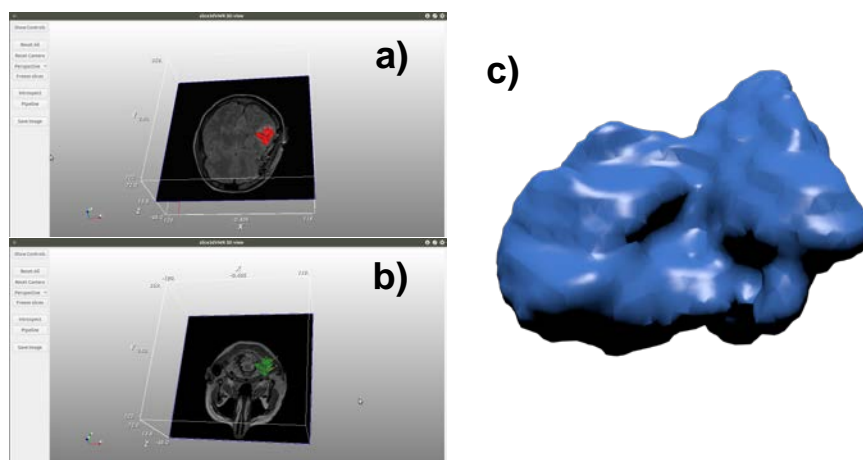


Figura 5. (a) Captura de pantalla del procesamiento de imagen por DeVide y (b) modelo poligonal segmentado del tumor cerebral.

Los criterios para el diagnóstico incluyen la presencia de anaplasia celular incluyendo atipia nuclear y actividad mitótica, así como la proliferación vascular y/o necrosis. Además, la Organización Mundial de la Salud, en relación con los tumores, dividió el glioblastoma en tres distintas entidades clínico-patológicas: glioblastoma convencional, glioblastoma de células gigantes y gliosarcoma [Louis y col., 2007]. Otras variantes de glioblastoma convencional también se describen, incluyendo glioblastoma de células pequeñas, glioblastoma con un componente oligodendroglioma, célula gemistocítico, granular, y glioblastomas de células lipidizadas; todas ellas relacionadas con una morfología típica del tumor. La Figura 5, muestra diferentes vistas del producto terminado del modelo de tumor cerebral de glioblastoma como producto terminado por impresión 3D en ABS. Las Figuras 5a y 5b, muestran una relación de la escala real que presentan la morfología heterogénea característica del tumor.



Figura 5. Modelo impreso del tumor cerebral

Trabajo a futuro

La segmentación se ha convertido en una herramienta esencial en los estudios de neuroimagen. Además del análisis de las estructuras cerebrales en MRI. El trabajo a futuro se propone estudiar y comparar diferentes tipos de tumores cerebrales, proponiendo las herramientas utilizadas para analizar la evolución de tumores y su impacto en tejidos circundantes, así como su aplicación en diagnóstico, tratamiento, monitoreo terapéutico, cirugías y modelamiento de patologías cerebrales. Con el enfoque planteado en nuestro proyecto, se pretenden establecer los valores morfológicos de normalidad para las diferentes estructuras encefálicas, desarrollando, a partir de ellos, un atlas anatómico. Este atlas permitiría plantear posteriores estudios comparativos con los resultados obtenidos en las diversas enfermedades, identificando las diferencias existentes, indicadores potenciales de la participación de dicha estructura en su fisiopatología.

Conclusiones

Los cerebros tumorales son grupos heterogéneos de neoplasmas, cada uno con su propia biología, tratamiento y pronóstico. Es por ello que en este trabajo se propuso obtener un modelo de un tumor cerebral del tipo glioblastoma para su reproducción con precisión para analizar los detalles geométricos a partir de la reconstrucción tridimensional de la estructura empleando técnicas de pre procesamiento, segmentación e impresión en 3D.

ITK-Snap es una aplicación de procesamiento de imágenes médicas abierta que satisface una necesidad específica para el desarrollo de investigaciones de imagenología biomédica, mediante la combinación de herramientas manuales y semiautomáticas para la extracción de estructuras en los datos de imagen en 3D de diferentes modalidades y de diferentes regiones anatómicas, incluyendo el estudio de tumores cerebrales. La aplicación de impresión en 3D en combinación con técnicas de imagenología médica, pueden permitir una mejor visualización de los huesos, órganos, y sus patologías. Las técnicas de impresión en 3D pueden generar modelos físicos a partir de datos virtuales. Dado que estos modelos pueden ser comprendidos y analizados de una mejor manera durante el diagnóstico clínico de tumores cerebrales, así como su aplicación en programas educativos de ciencias biomédicas.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo brindado por el equipo del Laboratorio de Ingeniería Aplicada de la Universidad de Celaya, para el desarrollo del proyecto.

Referencias

1. Caselles, V., Catta, F., Coll, T., and Dibos, F. (1993) A geometric model for active contours. *Num. Math.* (66) 1–31.
2. DeAngelis, L.M. (2001) Brain Tumors. *Eng. J. Med.* (344) 114-123.

3. Haller, J.; Banerjee, A.; Christensen, G.; Gado, M.; Joshi, S.; Miller, M.; Sheline, Y.; Vannier, M. and Csernansky, J. (1997) Three-dimensional hippocampal MR morphometry by high-dimensional transformation of a neuroanatomic atlas. *Rad.* **(202)** 504–510.
4. Kinoshita, S.; Konishi, G.; Takeuchi, S.; Ukai, T. and Taniguchi, H. (1990) Stereovectorcardiogram' made by stereolithography. *Cardio.* **(77)** 269–271.
5. Louis, D.N.; Ohgaki, H.; Wiestler, O.D.; Cavenee, W.K.; Burger, P.C.; Jouvett, A.; Scheithauer, B.W.; and Kleihues, P. (2007) *Acta Neuropathol.* **(114)** 97–109.
6. Miller, C.R. and Perry, A. (2007) Glioblastoma. *Arch Pathol Lab Med.* **(131)** 397–406.
7. Mizutani, J.; Matsubara, T.; Fukuoka, M.; Tanaka, N.; Iguchi, H.; Furuya, A.; Okamoto, H.; Wada I. and Otsuka, T. (2008) Application of full-scale three-dimensional models in patients with rheumatoid cervical spine. *Eur. Spine J.* **(17)** 644–649.
8. Potamianos, P.; Amis, A.A.; Forester, A.J.; McGurk, M. and Bircher, M. (1998) Rapid prototyping for orthopaedic surgery. *Proc. Inst. Mech. Eng. H,* **(212)** 383–393.
9. Sailer, H.F.; Haers, P.E.; Zollikofer, C.P.; Warnke, T.; Carls, F.R. and Stucki, P. (1988) The value of stereolithographic models for preoperative diagnosis of craniofacial deformities and planning of surgical corrections. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* **(27)** 327–333.
10. Toga, A.W.; Thompson, P.M.; Mega, M.S.; Narr, K.L. and Blanton, R.E. (2001) Probabilistic approaches for atlas normal and disease-specific brain variability. *Anat. Embr.* **(204)** 267–282.
11. Yamazaki, M.; Akazawa, T.; Okawa, A. and Koda, M. (2007) Usefulness of three-dimensional full-scale modeling of surgery for a giant cell tumor of the cervical spine. *Spinal Cord.* **(45)** 250–253.
12. Yushkevich, P.A.; Piven, J.; Hazlett, H.C.; Smith, R.G.; Ho, S.; Gee, J.C. and Gerig, G. (2006) User guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage* **(31)** 1116–1128.
13. Zhu, S.C. and Yuille, A.L. (1996) Region competition: Unifying snakes, region growing, and Bayes/MDL for multiband image segmentation. *IEEE Trans. PAMI,* **18** 884-900.

DESARROLLO DE UN MODELO MECATRÓNICO PARA LA REHABILITACIÓN DE MUÑECA Y MANO

F.D. Flores Rojas¹, O.O. Sandoval González¹, I. Herrera Aguilar¹, A. Flores Cuautle¹, F. Uribe Oropeza¹
*Departamento de Maestría en Ingeniería Electrónica, Instituto Nacional de México campus Orizaba
Oriente 9 No. 852, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Veracruz, México*
Área de participación: Mecatrónica

Resumen

En este trabajo se presenta la exploración de información acerca de los sistemas robóticos y/o mecatrónicos para la rehabilitación, y sistemas de tipo Exoesqueleto robóticos para el apoyo motriz examinados por electromiografía todo con la finalidad de poder observar el comportamiento de las fibras musculares y su funcionamiento adecuado, añadiendo la importancia de la neuroplasticidad en la rehabilitación. También se hace mención del desarrollo de un sistema mecatrónico para la rehabilitación de muñeca y mano, el cual se encuentra en proceso de manufactura.

Palabras clave: *electromiografía, robots, medicina rehabilitadora, neuroplasticidad.*

Abstract

This paper present the research of information about robotics systems and mecatronics systems for rehabilitation and exoskeleton for motor support analyzed by electromyography in order to observe the behavior of muscle fiber and it's adequate function in addition to the significance of the neuroplasticity in the rehabilitation. Also this paper mentions the developmet of a mechatronic system for the rehabilitation of wrist and hand, which is in the process of manufacturing.

Introducción

Más de 1,000 millones de personas viven con algún tipo de discapacidad por lo que esta cifra representa alrededor del 15% de la población mundial. Entre 110 y 190 millones de personas tienen grandes dificultades para vivir normalmente (Mundial, 2013).

Actualmente la humanidad vive en un tiempo de innovación y desarrollo de sistemas robóticos y/o mecatrónicos para rehabilitación clínica, desde fabricación y empleo de aparatos de gimnasio hasta la creación de exoesqueletos que le permiten al paciente realizar ejercicios neuro-motrices.

Recordando que el aparato esqueleto-muscular (locomotor), es un sistema anatómico base, el cual le permite al ser humano realizar sus actividades (movernos o trasladarnos) tales como: esfuerzo, extensión, movilidad, rotación interna, rotación externa, supinación, pronación, y flexión; todas estas actividades son realizadas cotidianamente.

Algunos sistemas ayudan a la rehabilitación de extremidades que hayan padecido de alguna fractura, o alteraciones sensitivas y sensoriales tales como: distrofias musculares, perdida en la coordinación de movimientos, limitaciones posturales y de desplazamientos pero no siempre el problema es físico, si no que algunos estudios han presentado que los problemas pueden ser neuro-motrices viéndose afectadas algunas zonas del cerebro debido a golpes o por problemas degenerativos (INEGI, 2001), (educación e ordenación universitaria, Consellería de cultura, n.d.).

Mencionando anteriormente la distrofia muscular es un problema en el cual el paciente tiene dificultad para utilizar uno o más grupos de músculos, también puede tener un retraso en el desarrollo de destrezas musculares motoras, para su análisis se utiliza la electromiografía ya que por medio de diferentes filtros y amplificadores digitales se localizan las zonas afectadas esto llega a contribuir a los sistemas exoesqueletos superiores ya que por pequeñas señales a través de un proceso de redes neuronales se pueden recibir y el sistema pueden ejecutar la acción deseada por el individuo (Bai & Chew, 2013).

Por último es importante resaltar la neuroplasticidad donde la cual es la capacidad plástica neuronal de nuestro cerebro que permite crear conexiones neuronales entre las áreas somatosensoriales primarias y secundarias en base a la estimulación táctil y repetitiva, modificando su funcionamiento ante cambios ambientales o lesiones (Doussoulin-sanhueza, 2011).

Descripción de las técnicas para la rehabilitación de extremidades.

El uso de la ciencia y de los principios de la ingeniería han contribuido para desarrollar e innovar soluciones y dispositivos tecnológicos para asistir a los pacientes con discapacidades motrices, de la misma manera ayudar a la recuperación de sus funciones físicas y cognitivas que fueron perdidas en algún momento debido a una enfermedad o lesión.

En el caso de la kinesioterapia es una técnica correspondiente a un tratamiento terapéutico que estudia el movimiento, la fisiología y la anatomía de la biomecánica correspondiente al cuerpo humano.

Los tipos de kinesioterapia son muchos y se clasifican en tres rehabilitaciones pasivas, rehabilitación activa y rehabilitación asistida.

Rehabilitación Pasiva

Es un método en el cual se aplica una fuerza externa provocando un movimiento en una determinada zona corporal del individuo evitando que el paciente realice una contracción muscular, este ejercicio es manualmente ejecutado por un fisiatra cuya finalidad es recuperar los movimientos articulares y corregir cualquier tipo de alteración circulatoria.

Rehabilitación Activa

Se basa en que el movimiento debe ser llevado a cabo mediante la contracción muscular del paciente, provocado por las fibras musculares. La kinesioterapia activa puede aplicarse en patologías neurológicas.

Rehabilitación asistida

Finalmente se encuentra del mismo modo ubicada la kinesioterapia asistida la cual es una mezcla de las dos anteriores, donde interviene la voluntad del paciente así como el trabajo del fisioterapeuta, dentro de esta sinergia de actividades da cabida al uso de tecnologías como los son los rehabilitadores robóticos.

La rehabilitación asistida por la robótica inteligente ayuda en el entrenamiento de la movilidad para personas que sufren de alteración del movimiento, tal como después de un infarto cerebral. Rehabilitación virtual, la cual utiliza ejercicios de simulación de realidad virtual para rehabilitación física y cognitiva.

Descripción de los sistemas robóticos y/o mecatrónicos.

Existen los sistemas robóticos y/o mecatrónicos de tipo exoesqueleto y los sistemas robóticos y/o mecatrónicos para rehabilitación.

Los sistemas robóticos de tipo exoesqueleto van enfocados en brindarle apoyo motriz a las extremidades superiores e inferiores del paciente, muchos de estos sistemas soportan cantidades de peso mayores a las que el individuo no podría.

Los sistemas robóticos para la rehabilitación, como su nombre lo dice únicamente se enfocan en brindarle al paciente diferentes rutinas programadas para que este pueda recuperar la movilidad de sus miembros al 100% combinado con algunas aplicaciones gráficas para su entretenimiento y esto hacerlo de manera más divertida y fuera de lo común por lo que la rehabilitación en estos tiempos dejara de ser algo meticulosa y aburrida.

Los investigadores enfocados al desarrollo de estos mecanismos diseñan y manufacturan dispositivos y sistemas para poder brindarle al paciente o al usuario una amplia solución a sus necesidades básicas.

Sistemas robóticos y/o mecatrónicos para la rehabilitación de muñeca

Dentro de los sistemas de rehabilitación de muñeca se han desarrollado plataformas que funcionan con señales de electromiografía (EMG) estos sistemas pueden detectar la fatiga muscular basados en el análisis de frecuencia tal es el caso del “Dispositivo de rehabilitación de muñeca usando un manipulador paralelo neumático”, el cual tiene los suficientes grados de libertad para mover la muñeca. En general la rehabilitación de este sistema se basa en la relación entre torques, ángulos y velocidad, la electromiografía se utiliza para estudiar directamente los músculos de la zona de la muñeca (Zheng & Li, 2010).

Para este sistema de rehabilitación fue complementado con electromiografía contiene un control PD (proporcional derivativo) con varios filtros los cuales permite controlar la impedancia de entrada. (“*imp*” representa el índice de fuerza muscular).

Para poder analizar las señales de electromiografía se llegan a utilizar redes neuronales artificiales y la transformada de wavelet para poder predecir la fuerza del paciente obtenidas de un grupo de músculos y así llegar a obtener la frecuencia media de la fuerza ejercida.

Sistemas robóticos y/o mecatrónicos para la rehabilitación de mano

En la figura 3 se observa el sistema de rehabilitación de mano el cual lleva por título “construcción de un control paralelo con múltiples grados de libertad” enfocado a los pacientes con accidente cerebrovascular (Ito, Ueki, Ishihara, Miura, & Kawasaki, 2011). Su objetivo principal es poder proporcionar asistencia para los ejercicios fisioterapéuticos que requiere realizar el paciente, este dispositivo cuenta con 18 grados de libertad, también cuenta con un sistema de control para permitir que sea utilizado de forma segura y eficazmente. Además este sistema cuenta con diferentes funciones tales como:

- ✓ Asistencia de movimiento bilateral en flexión, extensión de cada dedo y el pulgar.
- ✓ Asistencia de movimiento bilateral en abducción, aducción de cada dedo y el pulgar.
- ✓ Asistencia en el movimiento de oposiciones en el pulgar.

Sistemas robóticos y/o mecatrónicos tipo exoesqueleto para muñeca

Las señales de electromiografía han sido utilizadas en numerosos estudios para la clasificación de gestos de la mano como sus movimientos y estos han sido implementando para el control de la posición durante el uso de una prótesis en pacientes que tengan una amputación. También los sistemas robóticos que han sido complementados con EMG son potencialmente usados para la asistencia de personas con una reducida masa muscular (Khokhar, Xiao, & Menon, 2010).

Como sabemos varios músculos del antebrazo contribuyen al movimiento de la muñeca de los cuales se identificaron a 4 músculos claves para realizar el procedimiento experimental de este sistema los cuatro músculos seleccionados fueron:

- 1.-Flexor cubital del carpo (FCC).
- 2.-Palmar largo (PL).
- 3.-Extensor digitorum (ED).
- 4.-Extensor carpo radial (ECR).

Los motivos por lo que seleccionaron estos 4 músculos es debido a que el flexor cubital del carpo ayuda a la flexión de la muñeca con desviación cubital, el palmar largo ayuda la flexión de la muñeca, el extensor digitorum asiste en la extensión de cuatro dedos y ayuda a la extensión de la muñeca y por último el extensor carpo radial asiste en extensión y abducción radial de la muñeca.

Desarrollo del sistema mecatrónico de rehabilitación de muñeca

Observando los anteriores estados del arte se tomó la iniciativa de diseñar el prototipo llamado "Diseño y desarrollo de un sistema robótico de rehabilitación de muñeca" esto con la finalidad de mejorar algunas piezas para una mayor resistencia y ergonomía del sistema para el paciente.

En la siguiente figura se muestra las modificaciones realizadas en la cual le brinda a nuestro sistema una mejor estabilidad y firmeza en la agarradera.

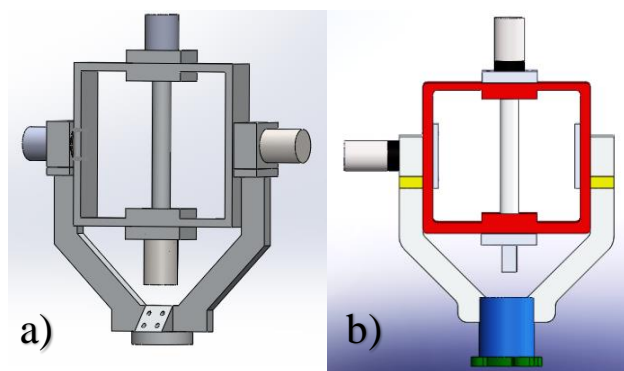


Figura 1: agarradera del sistema mecatrónico en CAD. En la imagen **a)** se muestra el diseño anterior. **b)** la pieza mejorada

Para la validación de las piezas se realizaron estudios de elemento finito para visualizar la fatiga, tensión y desplazamiento de cada una de las piezas las cuales fueron propuestas en material de aluminio (6061-T6). En la figura que se presenta a continuación se observa la fatiga de la pieza principal del sistema la cual cargara con el peso del miembro del paciente.

Este sistema mecatrónico fue diseñado para soportar una fuerza de 100N. El estudio realizado fue con la finalidad de poder observar la factibilidad en la cual el sistema podría fallar debido a la tensión.

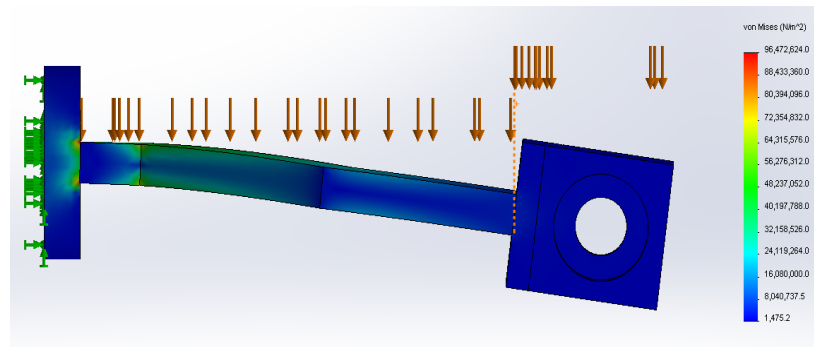


Figura 2: análisis de la tensión de Von Mises

Otro estudio del sistema realizado es llamado desplazamiento de URES donde nos muestra que tanto se está desplazando la pieza con la carga dada. En este caso la pieza se está desplazando 2.212e+000mm, lo cual no es mucho en comparación con la carga que se le está asignando.

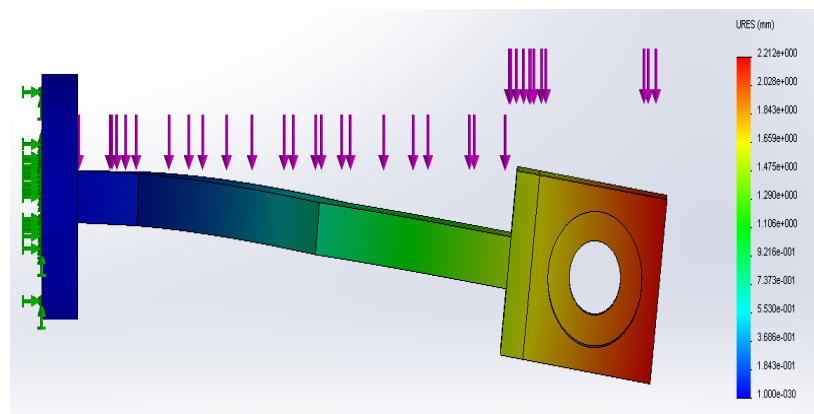


Figura 3: análisis del desplazamiento de URES

Por último se presenta el estudio de deformación unitaria de la pieza ya que nos muestra que tanta deformación está sufriendo la pieza con la carga dada, ya que nos muestra las partes específicas en donde la pieza está sufriendo una deformación, estas deformaciones llegan a un máximo de 8.292e-004 unidades.

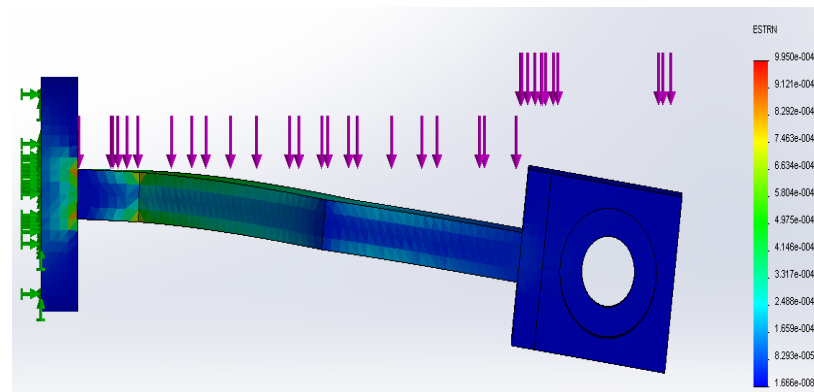


Figura 4: análisis de deformación unitaria

El sistema le brindara al paciente rutinas programadas donde se podrán cumplir las condiciones que requiere el fisiatra para ayudar al paciente a rehabilitarse las cuales son: esfuerzo, extensión, movilidad, abducción, aducción, rotación interna y externa, supinación, pronación, y flexión.

El sistema para la rehabilitación de muñeca está formado por 3 motores colocados en diferente posición brindando cinco grados de libertad.

El propósito de este sistema es poder brindarle al paciente la rehabilitación adecuada a los estándares y protocolos de la fisioterapia, para enseguida proseguir a realizar estudios neuromotrices para observar el desarrollo y evolución de la plasticidad de las personas en su recuperación.

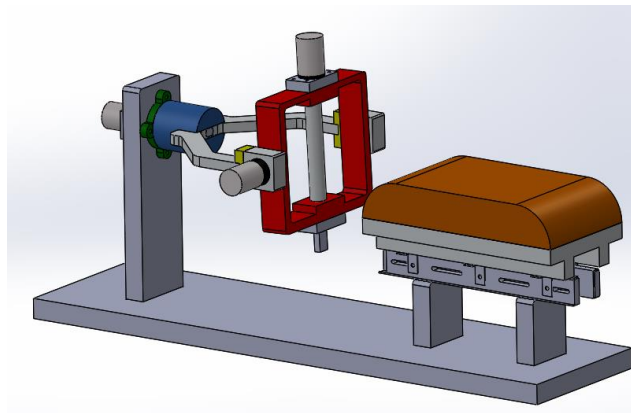


Figura 5: modelo CAD del sistema de rehabilitación de muñeca

A continuación se muestra la posición de los motores ya que cada uno de ellos tendrá su caja de engranes, esto es para obtener un mejor control en el uso de los motores y tener un mayor rango de giro en grados para los ejercicios de rehabilitación.

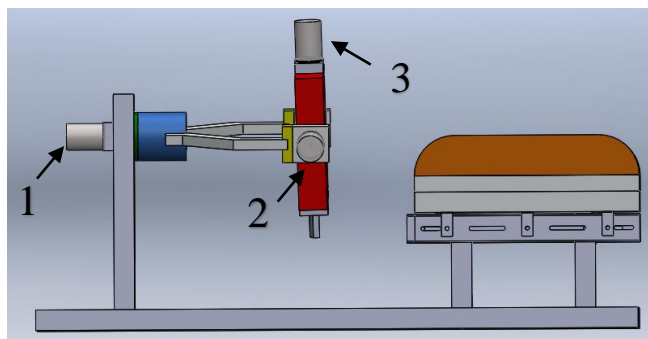


Figura 6: vista lateral del sistema de rehabilitación de muñeca

Conclusiones

Los sistemas robóticos y mecatrónicos en el área de medicina clínica para la rehabilitación de miembros superiores e inferiores, está teniendo relevancia en el sector investigación ya que están contribuyendo para darle mejores herramientas, dispositivos a los especialistas brindándole al paciente nuevas alternativas para su recuperación y esto a su vez permite ofrecer una variedad de ejercicios dependiendo el tipo de discapacidad, deficiencia o minusvalía del individuo.

La neurorehabilitación a base de sistemas mecatrónicos y/o robóticos ha tenido un gran interés por la investigación de las propiedades plásticas del sistema nervioso ya que contribuye a identificar las diferentes etapas de evolución de un paciente en su rehabilitación terapéutica.

Con ayuda de la electroencefalografía y electromiografía los especialistas podrán tener mejores herramientas para observar el avance neuromecánico de sus pacientes y a su vez una mejor eficiencia en su labor.

Agradecimientos

Al área de posgrado en Maestría en ingeniería electrónica del Instituto Nacional de México campus Orizaba y a sus honorables y respetados catedráticos.

Referencias

1. Bai, F., & Chew, C. (2013). Muscle Force Estimation with surface EMG during dynamic muscle contractions: a Wavelet and ANN based Approach, 4589–4592.
2. Doussoulin-sanhueza, M. A. (2011). Como se fundamenta la neurorehabilitación desde el punto de vista de la neuroplasticidad, *16*(4), 216–222.
3. educación e ordenación universitaria, Consellería de cultura. (n.d.). El aparato locomotor y sus enfermedades.
4. INEGI. (2001). Presencia del Tema de Discapacidad en la Información Estadística. Marco Teórico - Metodológico.
5. Ito, S., Ueki, S., Ishihara, K., Miura, M., & Kawasaki, H. (2011). Parallel controller construction for a multi-DOF hand rehabilitation equipment. *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics*, *36*, 151–158. <http://doi.org/10.3233/JAE-2011-1353>
6. Khokhar, Z. O., Xiao, Z. G., & Menon, C. (2010). Surface EMG pattern recognition for real-time control of a wrist exoskeleton, 1–17.
7. Mundial, B. O. (2013). *Informe mundial sobre la discapacidad*.
8. Zheng, R., & Li, J. (2010). Kinematics and Workspace Analysis of an Exoskeleton for Thumb and Index Finger Rehabilitation. *National Nature Science Foundation of China*, (Cmc), 1–5.

Aplicación en C++ Builder para Procesamiento de Imágenes en escala de grises con Morfología Matemática

A. F. Lule Rangel^{1*}, E. Y. Honorato Rodríguez¹, M. Juárez Rascón¹, F. A. Rangel Cardoza².

¹División de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, Carr. Costera del Golfo, Km. 140+100 C.P. 01219, San Andrés Tuxtla, Veracruz, México.

²División de Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos, Carr. Antigua Minatitlán-Coatzacoalcos Km. 16.5, Col. Las Gaviotas, Coatzacoalcos, Veracruz, México.

*analule.itssat@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Mecatrónica

Resumen

Se elaboró una aplicación de tipo científico en C++ Builder que realiza el procesamiento digital de imágenes comparándolo inicialmente con Matlab. C++Builder es un entorno de desarrollo rápido de aplicaciones en lenguaje C++ para Windows la cual cuenta con una interfaz gráfica muy amigable, tiene componentes que facilitan la elaboración de los formularios. Para el desarrollo de la aplicación se usó programación orientada a eventos. En el código se usaron operaciones matemáticas morfológicas de erosión, dilatación, apertura y cerradura. La aplicación permite realizar el procesamiento de imágenes con el uso de botones, en sustitución a los comandos usados en Matlab. Las imágenes procesadas por la aplicación tienen una claridad y nitidez igual o superior a las procesadas por Matlab.

Palabras clave: Morfología matemática, procesamiento de imágenes, C++ Builder, Matlab.

Abstract

There prepared a application of scientific type in C ++ Builder that realizes the digital image processing initially compared with Matlab C ++ Builder is an environment of rapid development of applications in language C ++ for Windows which account with one interface very friendly graph, he has components that facilitate the making of the forms. For the development of the application programming faced to events was used. In the code there were used morphologic mathematical operations of erosion, dilation, opening and lock. The application allows to realize the image processing with the use of buttons, in replacement to the instructions that must be used in Matlab. The images processed by the application take a clarity and clearness equal or superior to the accused as Matlab.

Introducción

En la actualidad se necesita analizar y procesar imágenes que forman parte de la vida cotidiana. La utilidad del procesamiento de imágenes es muy amplia en muchos campos. Un ejemplo son las imágenes obtenidas con fines de diagnóstico médico. Las tareas del procesamiento de imágenes no suelen tener un resultado exacto en la delimitación de los objetos o regiones de interés contenidos en la imagen. Es posible encontrar aplicaciones con objetivos muy específicos como la restauración de imágenes, la detección de bordes, el análisis de texturas, aumento del contraste y hasta en el análisis de imágenes médicas, teledetección, visión artificial, entre otras. Su costo suele ser elevado.

En términos computacionales, una imagen es representada por medio de una matriz bidimensional de $m \times n$ elementos llamados píxeles, en donde n representa el número de píxeles de ancho y m el número de píxeles de largo. El elemento $m1$ corresponde al elemento de la esquina superior izquierda.

En general, es necesario utilizar software que admita manipular imágenes así como la aplicación de determinados teoremas. Matlab, software propietario de costo elevado, es un lenguaje de alto nivel y entorno interactivo para cálculo numérico, programación matemática y visualización, con esta última característica es posible realizar tratamiento de imágenes. También es posible desarrollar aplicaciones con librerías de código abierto como OpenCV, emguCV o Aforge.NET. En ambos casos se requiere conocer comandos, funciones e instrucciones.

Aunado a lo anterior, es imprescindible la comprensión profunda de la teoría y técnica de la morfología matemática, caracterizada por realzar la geometría y forma de los objetos, necesarios para el procesamiento de imágenes. El estudio de la morfología matemática tiene como fundamentos, conceptos básicos de lógica y teoría de conjuntos. Las bases teóricas de la morfología matemática se deben al científico alemán nacido en

Rusia, Hermann Minkowski (1864-1909). Se desarrolló originalmente para imágenes binarias (0, negro y 1 blanco) y se extendió a funciones e imágenes en escala de grises (0, negro a 255, blanco), para reducir bordes, eliminar formas claras y atenuar los objetos oscuros. Los algoritmos principales son: erosión, dilatación, apertura y cerradura.

Dada la complejidad inherente en la programación directa de los algoritmos, se elaboró una aplicación en C++ Builder 6, entorno de desarrollo de software diseñado para la programación visual, en la cual sólo con el uso de botones se selecciona la imagen y se aplican los algoritmos de erosión, dilatación, apertura y cerradura de manera transparente para los usuarios, en especial, aquéllos que no conozcan a profundidad la programación, lógica y teoría de conjuntos.

Metodología

En los algoritmos se aplican operaciones de conjuntos entre dos imágenes: el conjunto de píxeles de la imagen original (A) y el conjunto de píxeles de una imagen pequeña llamada elemento estructurante (B). El tratamiento inicia en el elemento $m1$, de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. Para desarrollar la aplicación fue necesario definir las variables e indicadores indicados en la tabla 1.

Tabla 1. Definición de variables e indicadores considerados para la elaboración del software.

Variables	Indicadores
Imagen (Conjunto A)	Tamaño, Tipo de archivo
Elemento estructurante (Conjunto B)	Tamaño, Color, Forma, Tipo de archivo

Imagen (Conjunto A)

La imagen es una variable cuyo tamaño y color se manipulan según las necesidades del usuario. Tamaño: es un indicador, en el caso de C++ Builder, se define un área de trabajo en el formulario y el tamaño real de la imagen debe ocupar esa área, de preferencia no mayor a 150x150 píxeles; si se ajusta el tamaño, no se visualizan cambios. En el caso de Matlab el tamaño de la imagen no tiene mayor afectación en el entorno de trabajo. Tipo: es una propiedad muy importante, C++Builder no permite el manejo de imágenes con extensión diferente al mapa de bits (.bmp) esto también aplica para el elemento estructurante; en el caso de Matlab acepta cualquier tipo de imágenes sin importar la extensión de estas.

Elemento estructurante (Conjunto B)

Es importante definir adecuadamente el tamaño, la forma y el color según las necesidades del usuario. Tamaño: debe elegirse una imagen no mayor a 10x10 píxeles preferentemente, de usarse más grande, el contorno de los objetos en la imagen no son tan definidos como al usar un elemento estructurante pequeño. Forma: en esta aplicación en C++ Builder es una cruz, las imágenes obtenidas son más definidas, comparadas con las generadas con elementos de forma circular y rectangular, probadas también. Color: es importante puesto que se utilizan imágenes en escala de grises; en C++ Builder, si se usa un elemento estructurante en blanco y negro la imagen resultante se visualiza por completo de color negro o blanco, caso contrario en Matlab en donde utiliza una imagen en escala de grises y el elemento estructurante debe ser definido en blanco y negro, por tanto al crearlo solo se realiza mediante el código binario 1 para el blanco y 0 para el negro.

Para desarrollar la aplicación se usó programación orientada a eventos, paradigma de programación en la que tanto la estructura como la ejecución de los programas van determinados por los sucesos ocurridos en el sistema, definidos por el usuario o provocados por ellos mismos.

Operaciones de Morfología Matemática

Las operaciones propias de la Morfología Matemática (dilatación, erosión, apertura y cerradura) requieren de dos operaciones básicas:

1. Suma de Minkowski: Siendo A y B dos conjuntos cualesquiera, sobre cuyos elementos esté bien definida la operación binaria suma (+), el conjunto de la suma de las dos formas A y B, contiene todos los elementos que resultan de sumar cada uno de los elementos del conjunto A con todos y cada uno de los elementos del conjunto B.
2. Resta de Minkowski: Se define como la operación dual de la suma de Minkowsky.

Dilatación: Se refiere a aumentar, inflar, engordar, expandir, crecer al ente que se encuentra en una región del plano real. Para dilatar un conjunto se realiza un escalonamiento en la región seleccionada. Para hacer crecer

un conjunto A se cambia su forma y tamaño a través de un proceso controlado de añadido o agregación de puntos o elementos. Se aplica la suma de Minkowski. (Imagen 1).

$$A \oplus B = \bigcup_{b \in B} A_b$$

Imagen 1. Expresión simbólica de dilatación.

Erosión: Se relaciona con procesos de contracción, encogimiento, disminución, decrecimiento y adelgazamiento. El conjunto erosionado es una versión alterada del original, con un menor número de puntos o elementos. Consiste en hacer decrecer un conjunto A por medio de un proceso controlado de eliminación de elementos, tomando como referencia un elemento estructurante B. Al igual que sucede en la dilatación, el tamaño y forma finales del conjunto erosionado depende fuertemente del tamaño y forma del elemento estructurante B. Se aplica la resta de Minkowski. La erosión de A por B está dada por la expresión de la Imagen 2:

$$A \ominus B = \bigcap_{b \in B} A_{-b}$$

Imagen 2. Expresión simbólica de erosión.

Apertura: Los efectos de la apertura en una imagen dada se pueden resumir en cuatro aspectos: 1. Elimina islas de tamaño menor al elemento estructurante; 2. Elimina picos o cabos más delgados que el elemento estructurante; 3. Rompe istmos cuya anchura sea menor al diámetro del elemento estructurante; 4. Alisa el contorno convexo de la imagen. La apertura de A por B se obtiene por la erosión de A por B, seguida por la dilatación de la imagen resultante por B (Imagen 3).

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$$

Imagen 3. Expresión simbólica de apertura.

Cerradura: La cerradura produce los siguientes efectos: 1. Rellena lagos o huecos de tamaño menor al elemento estructurante; 2. Rellena rajaduras o golfos más delgados que el elemento estructurante; 3. Funde estrechos cuya anchura sea menor al diámetro del elemento estructurante; 4. Alisa el contorno cóncavo de la imagen, rellenando rompimientos. El cierre de A por B se obtiene por la dilatación de A por B, seguida por la erosión de la estructura resultante por B (Imagen 4).

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$$

Imagen 4. Expresión simbólica de cerradura.

Resultados y discusión

A continuación muestra la comparación del procesamiento de imágenes en escala de grises en Matlab y en la aplicación desarrollada en C++ Builder que realiza las operaciones de morfología matemática: erosión, dilatación, apertura y cerradura.

También se muestra el código de los algoritmos desarrollados en C++ Builder y los comandos empleados en Matlab, así como la imagen sobre la cual se realizan las operaciones morfológicas y el elemento estructurante elegido para realizar cambios a la imagen original dependiendo del algoritmo aplicado.

Se eligió una imagen de una huella digital (Fig. 1) en la cual se aprecian claramente las rugosidades y protuberancias presentes en ella. En imágenes subsecuentes solo se muestran las obtenidas después de aplicar las operaciones morfológicas en Matlab y C++ Builder, para realizar la comparación entre ambas.

En la Fig. 2, se muestran las imágenes correspondientes al elemento estructurante uno definido en Matlab y el otro en C++ Builder. Los elementos estructurantes utilizados en Matlab y C++ Builder, tienen la misma forma sin embargo el color del fondo varia porque en Matlab el elemento estructurante solamente se puede declarar en código binario 1 para el blanco y 0 para el negro, a diferencia de C++ Builder en donde es definido en escala de grises.



Fig. 1 Imagen utilizada para realizar las operaciones morfológicas

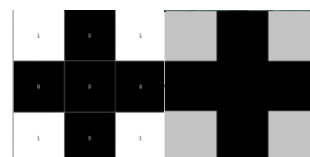


Fig. 2 A la izquierda el elemento estructurante en Matlab y a la derecha el elemento estructurante en C++ Builder

La Fig. 3 muestra la interfaz de usuario de la ventana principal con las cuatro operaciones de morfología matemática: erosión, dilatación, apertura y cerradura.

En la pantalla hay tres elementos: la imagen original, el elemento estructurante, tan pequeño que se visualiza como un pequeño punto al centro superior y la tercera imagen, obtenida al aplicar la operación morfológica elegida por el usuario.

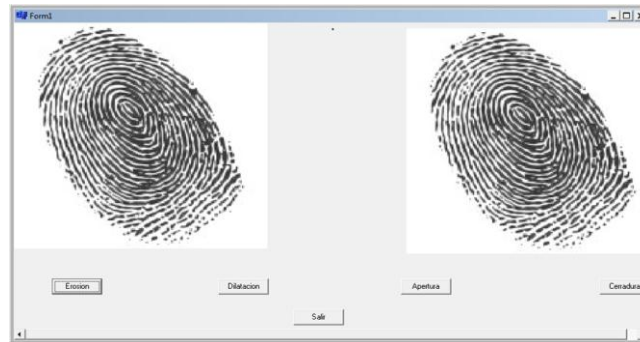


Fig. 3. Vista de la pantalla principal diseñada en C++ Builder con las opciones de erosión, dilatación, apertura, cerradura y salir.

Erosión en Matlab

```
>> c1=imread('dactilar.jpg');//lectura de la imagen y asignación en la variable c1
>> ee=[1 0 1;0 0 0;1 0 1];//creación del elemento estructurante en forma de cruz
>> imshow(ee);//muestra la imagen del elemento estructurante
>> er=imerode(c1,ee);//realiza la erosión de la imagen c1 con el elemento //estructurante
>> imshow(er);//muestra la imagen obtenida s al realizar la erosión
```

Erosión en C++ Builder

```
void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject *Sender){
    //erosión
    //declaración de variables
    char cadena[50];
    ZeroMemory(cadena,50);
    int x, y, a, b;
    Image2->Visible=true;
    int ancho1=Image1->Width;
    int largo1=Image1->Height;
    int ancho2=Image2->Width;
    int largo2=Image2->Height;
    boolean flag=false;

    for(x=0;x<ancho1-ancho2;x++) { //recorre el ancho de la imagen original
        for(y=0;y<(largo1-largo2);y++) { //recorre el largo de la imagen original
            for(b=largo2-1;b>=0;b--) { //recorre el largo del elemento estructurante
                for(a=ancho2-1;a>=0;a--){ //recorre el ancho del elemento estructurante
                    if(((x+b)>=ancho2)&((x+a)>=ancho2)&((y+b)>=largo2)&((y+a)>=largo2))
                        //comprueba si el largo y ancho de la imagen original es mayor o igual que el ancho del elemento estructurante
                        flag=true; //si se cumple la condición el largo y ancho es mayor entonces es verdadero y le asigna true
                    else//si no se cumple la condición es falsa le asigna false y se sale
                        flag=false;
                } }
            if(flag=true) { //si se cumple la condición el largo y ancho es mayor entonces se incrementa la posición que ocupa el
                elemento estructurante
                for(a=0;a<ancho2;a++){ //incrementa la posición que ocupa el elemento estructurante es decir recorre el ancho
                    de la imagen
                    for(b=0;b<largo2;b++){ //incrementa la posición que ocupa el elemento estructurante es decir recorre el
                        ancho de la imagen
```

```

Image3->Canvas->Pixels[x+a][y+b]=Image1->Canvas->Pixels[x+a][y+b]-Image2->Canvas-
>Pixels[a][b]; //se realiza la resta del valor de los pixeles de la imagen original menos el valor de los pixeles
del elemento estructurante almacenando el resultado en la imagen 3
} } } } }

```

Comparación de las imágenes erosionadas entre Matlab y C++ Builder



Fig. 4 A la izquierda erosión Matlab y a la derecha erosión C++ Builder

Apertura en Matlab

```

>> c1=imread('dactilar.jpg');//lectura de la imagen y asignación en la variable c1
>> ee=[1 0 1;0 0 0;1 0 1];//creación del elemento estructurante en forma de cruz
>> imshow(ee);//muestra la imagen del elemento estructurante
>> ep=imopen(c1,ee);//realiza la apertura de la imagen c1 con el elemento //estructurante
>> imshow(ep);//muestra la imagen obtenida s al realizar la apertura

```

Apertura en C++ Builder

```

void __fastcall TForm1::Button3Click(TObject *Sender){
//apertura
//declaración de variables
char cadena[50];
ZeroMemory(cadena,50);
int x, y, a, b;
Image2->Visible=true;
int ancho1=Image1->Width;
int largo1=Image1->Height;
int ancho2=Image2->Width;
int largo2=Image2->Height;
boolean flag=false;

for(x=0;x<ancho1-ancho2;x++) { //recorre el ancho de la imagen original
for(y=0;y<(largo1-largo2);y++) { //recorre el largo de la imagen original
for(b=largo2-1;b>=0;b--) { //recorre el largo del elemento estructurante
for(a=ancho2-1;a>=0;a--) { //recorre el ancho del elemento estructurante
if(((x+b)>=ancho2)&((x+a)>=ancho2)&((y+b)>=largo2)&((y+a)>=largo2))
//comprueba si el largo y ancho de la imagen original es mayor o igual que el ancho del elemento estructurante
flag=true; //si se cumple la condición el largo y ancho es mayor entonces es verdadero y le asigna true
else //si no se cumple la condición es falsa le asigna false y se sale
flag=false;
} }
} }
if(flag=true) { // la condición es verdadera porque el largo y ancho es mayor entonces entra al ciclo
for(a=0;a<ancho2;a++){ //incrementa la posición que ocupa el elemento estructurante es decir recorre el ancho de
la imagen
for(b=0;b<largo2;b++){ //incrementa la posición que ocupa el elemento //estructurante es decir recorre el ancho
de la imagen
Image3->Canvas->Pixels[x+a][y+b]=Image1->Canvas->Pixels[x+a][y+b]-Image2->Canvas->Pixels[a][b];
//al valor del pixel de la imagen original le resta el valor del pixel de la imagen 2 que es el elemento estructurante
y lo asigna en la imagen 3
Image3->Canvas->Pixels[x+a][y+b]=Image3->Canvas->Pixels[x+a][y+b]+Image2->Canvas->Pixels[a][b];
//a la imagen 3 le asigna lo que acumulo antes más el valor de los pixeles del elemento estructurante
} } } } }
} } } } }

```


Comparación de la apertura de las imágenes entre Matlab y C++ Builder



Fig. 5. A la izquierda apertura en Matlab a la derecha apertura en C++ Builder

Dilatación en Matlab

```
>> c1=imread('dactilar.jpg');//lectura de la imagen y asignación en la variable c1
>> ee=[1 0 1;0 0 0;1 0 1];//creación del elemento estructurante en forma de cruz
>> imshow(ee);//muestra la imagen del elemento estructurante
>> ei=imdilate(c1,ee);//realiza la dilatación de la imagen c1 con el elemento //estructurante
>> imshow(ei);//muestra la imagen obtenida s al realizar la dilatación
```

Dilatación en C++ Builder

```
void __fastcall TForm1::Button2Click(TObject *Sender){
//dilatación
//Declaración de variables
char cadena[50];
ZeroMemory(cadena,50);
int x, y, a, b;
Image2->Visible=true;
int ancho1=Image1->Width;
int largo1=Image1->Height;
int ancho2=Image2->Width;
int largo2=Image2->Height;
for(x=0;x<ancho1-ancho2;x++) { //recorre el ancho de la imagen original
for(y=0;y<(largo1-largo2);y++) { //recorre el largo de la imagen original
for(a=0;a<ancho2;a++){ //recorre el ancho del elemento estructurante
for(b=0;b<largo2;b++) { //recorre el largo del elemento estructurante
Image3->Canvas->Pixels[x+a][y+b]=Image1->Canvas->Pixels[x+a][y+b]+Image2->Canvas->Pixels[a][b];
//se suma el valor de los pixeles de la imagen original y los de elemento estructurante mostrándolo en una tercera
imagen
} } } }}
```

Comparación de las imágenes dilatadas entre Matlab y C++ Builder

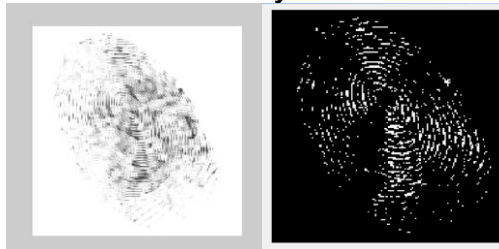


Fig. 6 A la izquierda dilatación en Matlab y a la derecha dilatación en C++ Builder

Cerradura en Matlab

```
>> c1=imread('dactilar.jpg');//lectura de la imagen y asignación en la variable c1
>> ee=[1 0 1;0 0 0;1 0 1];//creación del elemento estructurante en forma de cruz
>> imshow(ee);//muestra la imagen del elemento estructurante
>> eo=imclose(c1,ee);//realiza la cerradura de la imagen c1 con el elemento //estructurante
>> imshow(eo);//muestra la imagen obtenidas al realizar la cerradura
```

Cerradura en C++ Builder

```

void __fastcall TForm1::Button4Click(TObject *Sender){
//cerradura
//declaración de variables
char cadena[50];
ZeroMemory(cadena,50);
int x, y, a, b;
Image2->Visible=true;
//TColor color;
int ancho1=Image1->Width;
int largo1=Image1->Height;
int ancho2=Image2->Width;
int largo2=Image2->Height;
booleanflag=false;
for(x=0;x<ancho1-ancho2;x++) { //recorre el ancho de la imagen original
for(y=0;y<(largo1-largo2);y++) { //recorre el largo de la imagen original
for(b=largo2-1;b>=0;b--) { //recorre el largo del elemento estructurante
for(a=ancho2-1;a>=0;a--) { //recorre el ancho del elemento estructurante
if(((x+b)>=ancho2)&((x+a)>=ancho2)&((y+b)>=largo2)&((y+a)>=largo2)) //comprueba si el largo y ancho de
la imagen original es mayor o igual que el ancho del elemento estructurante
flag=true; //si se cumple la condición el largo y ancho es mayor //entonces es verdadero y le asigna true
else //si no se cumple la condición es falsa le asigna false y se sale del ciclo
flag=false;
} }
} }
if(flag=true) {
for(a=0;a<ancho2;a++) { // la condición es verdadera porque el largo y ancho //es mayor entonces entra al ciclo
for(b=0;b<largo2;b++) { //incrementa la posición que ocupa el elemento //estructurante es decir recorre el ancho de
la imagen
Image3->Canvas->Pixels[x+a][y+b]=Image1->Canvas->Pixels[x+a][y+b]+Image2->Canvas->Pixels[a][b];
//al valor del pixel de la imagen original le resta el valor del pixel de la imagen 2 que es el elemento estructurante y
lo asigna en la imagen
Image3->Canvas->Pixels[x+a][y+b]=Image3->Canvas->Pixels[x+a][y+b]-Image2->Canvas->Pixels[a][b];
//a la imagen 3 le asigna lo que acumulo antes mas el valor de los pixeles del elemento estructurante
} } } } }

```

Comparación de la cerradura en las imágenes entre Matlab y C++ Builder

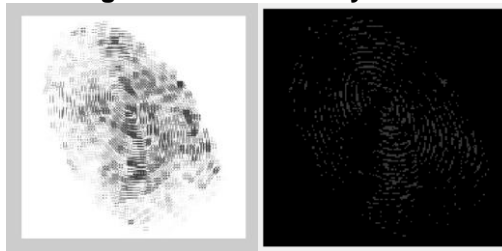


Fig. 7. A la izquierda cerradura en Matlab ya la derecha cerradura en C++ Builder

Como se puede apreciar en las Figuras 4, 5, 6 y 7 en Matlab los comandos para realizar las operaciones generan un código muy pequeño comparado con el desarrollado en C++ Builder; sin embargo se genera una imagen más clara a la de Matlab, es decir el contorno de los bordes son más definidos.

Trabajo a futuro

Se pretende incorporar a la aplicación, técnicas de reconocimiento de patrones, para generar un prototipo didáctico completo que permita a estudiantes iniciarse en el conocimiento de morfología matemática, procesamiento de imágenes y reconocimiento de patrones.

Además se pretende elaborar una aplicación similar a la presentada en este artículo, usando al menos una de las librerías de código abierto. Con lo anterior, se tendrían los elementos para realizar estudio comparativo de

calidad de imágenes obtenidas y tiempos de respuesta de procesamiento entre Matlab, la aplicación en C++ Builder y una aplicación generada con librerías de código abierto.

Conclusiones

En la aplicación elaborada con C++ Builder se generan imágenes más claras al aplicar los algoritmos de erosión, dilatación, apertura y cerradura. Esto se comprueba al comparar los resultados obtenidos entre Matlab y la aplicación donde se aprecia mejor definido el contorno de las formas y de partes con pequeños detalles.

Un factores importantes es el elemento estructurante. En C++ Builder se determina en escala de grises al igual que la imagen procesada; Matlab es restrictivo en ese aspecto, el elemento estructurante debe una imagen binaria. En cuanto al tipo de imagen, Matlab permite archivos de varios formatos, en esta aplicación sólo se permite, hasta el momento, mapa de bits, restricción que pretende subsanarse elaborando una aplicación similar usando librerías de código abierto.

Referencias

1. ALBA JOSÉ LUIS, MARTÍN FERNANDO. Aplicación ha procesado de imágenes binarias y monocromáticas.
http://www.gts.tsc.uvigo.es/pi/Morfologia_matematica.pdf
2. ALCÁZAR CARREÑO U., MAÑÓN ABARCA R., MARTÍNEZ REBOLLAR L., ORTIZ OJEDA G., VELÁSQUEZ AGUILAR J.G. Herramienta de apoyo para cursos de procesamiento digital de imagen.
<http://campusv.uaem.mx/cicos/memorias/5toci2006/Articulos/articulo8.pdf>. [Consultado: 28 marzo 2013].
3. ANÓNIMO. Guía de uso de Matlab.
<http://mit.ocw.universia.net/18.06/f02/related-resources/matlab.pdf>.
4. ANÓNIMO. Elementos del procesado morfológico.
http://www.tsc.uc3m.es/imagene/Curso_ProcesadoMorfologico/Contenido/Elementos/Elementos.html.
5. ANÓNIMO. Morfología matemática (binaria).
<http://informatica.uv.es/iiguia/VC/practmorfo.html>.
6. ANÓNIMO. Operaciones morfológicas básicas.
<http://dmi.uib.es/~catalina/docencia/PDS/cap5.pdf>.
7. ANÓNIMO. Tipos de mapas de bits.
[http://msdn.microsoft.com/eses/library/at62haz6\(v=vs.80\).aspx](http://msdn.microsoft.com/eses/library/at62haz6(v=vs.80).aspx). [Consultado: 25 junio 2013].
8. ANÓNIMO. Imágenes vectoriales y de mapa de bits.
<http://es.kioskea.net/contents/video/vector.php3>.
9. BERMUDEZ JAVIER. Estructura del C++ Builder.
<http://www.sistemas.edu.bo/jbermudez/sis1101a/builder.pdf>
10. CUENCA CASTILLO PEDRO ÁNGEL, OLIVARES MONTES TERESA. La morfología matemática en el tratamiento digital de imágenes.
http://www.uclm.es/ab/educacion/ensayos/pdf/revista11/11_19.pdf. [Consultado: 5 junio 2013].
11. DE VES CUENCA ESTHER. Matlab: Introducción al procesamiento de imágenes Visión por Computador.
<http://informatica.uv.es/iiguia/VC/tutorial.pdf>.
12. FONDEVILA CASTRO JUAN JOSÉ, VILLALTA MORENO WALTER MIGUEL. Diseño e implementación de una herramienta demostrativa de aplicación de operadores morfológicos básicos con Matlab.
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/20803/1/PAPER%20VILLALTA%20-%20FONDEVILA%2020-03-2012.pdf>.
13. J. TORRES WILLIAM. Procesamiento de imágenes a color utilizando morfología matemática.
[http://www.iiisci.org/journal/CV\\$/ris-ci/pdfs/C382LR.pdf](http://www.iiisci.org/journal/CV$/ris-ci/pdfs/C382LR.pdf).
14. JALLO SANDOVAL JAVIER. La imagen digital.
<http://grupobizarro.wordpress.com/2011/11/29/la-imagen-digital/>.
15. LOPEZ MAURICIO. Blog del C++ Builder.
<http://miperfil.mx/cbuilder6/>.
16. RONCAGLIOLO B PABLO. Ejemplo práctico: borde y relleno de imágenes binarias utilizando operaciones morfológicas.
http://www2.elo.utfsm.cl/~elo328/PDI12_EjemploMorfoBordeRelleno.pdf.
17. ORDÓÑEZ SANTIAGO CRISTIAN ANDRÉS. Formatos de imagen digital. Disponible en:
http://www.revista.unam.mx/vol.6/num5/art50/may_art50.pdf.
18. ZARATE JONATHAN. Procesamiento de imágenes en C++ Builder.
<http://solocodigo.com/21514/procesamiento-de-imagenes/>

Diseño de un exoesqueleto bípedo para la asistencia de personas con debilidad en el sistema locomotor

Octavio Sánchez-Flores, Oscar O. Sandoval-González, Agustín Flores-Cuautle, Ignacio Herrera-Aguilar, Gerardo Águila-Rodríguez.

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, avenida Instituto Tecnológico y Norte 24, S/N, Orizaba, Ver., México

Área de participación: Ingeniería Mecatrónica

Resumen

En este artículo se presenta el diseño de un exoesqueleto bípedo para la asistencia durante el proceso de la marcha humana, cargando al paciente mientras camina, mediante un sistema mecánico ergonómico que puede adaptarse a diversos tamaños de paciente; cuenta con un sistema de frenado hidráulico colocado en los puntos donde existe movimiento articular, de tal manera que los movimientos sean suaves y otorguen estabilidad durante la marcha.

Palabras clave: Exoesqueleto, locomoción bípeda.

Abstract

This article presents a design of a biped exoskeleton which helps to the process of the human walking, this exoskeleton carries to the patient while walk, by using an ergonomic mechanical system it can being adjusted different patients size, with a hydraulic braking system putting into the join points of the structure, so, movements are soft and bring stability during the human walking.

Introducción

La locomoción bípeda es una de las habilidades más importantes con la que contamos los seres humanos ya que permite desplazarnos utilizando solo las piernas, ganando un mayor rango de visión al poder caminar de forma erguida y deja libres las extremidades superiores para realizar un sin número de tareas.

A lo largo de la historia, la humanidad ha buscado la manera de llevar sus capacidades físicas más allá del límite (inspirados por la curiosidad, la necesidad y hoy en día, por la ciencia ficción) ha logrado como especie crear sistemas tan simples como un bastón, hasta dispositivos tan complejos como lo es un exoesqueleto. Dichos sistemas son estructuras mecánicas que se adaptan al cuerpo humano y cuya función principal es coadyuvar a la persona a realizar una locomoción idónea, aportando fuerza y precisión a los movimientos por medio de actuadores, a los cuales se les conoce como exoesqueletos activos y a los que no contienen, se no contiene actuadores, se les conoce como exoesqueletos pasivos.

La mayoría de exoesqueletos están accionados por actuadores, trayendo consigo el incremento del peso del sistema y la demanda de energía para hacerlos funcionar (Alejandro, Cardona, Spitia, & López, 2010), por lo cual se propone el diseño de un exoesqueleto cuasi pasivo, es decir un sistema que utilice actuadores para activar una serie de frenos hidráulicos colocados en cada una de las articulaciones del sistema locomotor (rótula, rodilla y tobillo), esto con la finalidad de auxiliar al paciente durante la fase de apoyo para mantener rígida la pierna y una serie de amortiguadores para reducir el impacto sobre estas, a su vez, proporcionar cierto impulso durante la fase de despegue.

Estado del arte

La primer patente registrada de un exoesqueleto se remontan al año 1890 esta fue concedida a Nicholas Yang (N. Yagn, 1890), su sistema basado en muelles arqueados que recorren las piernas desde la cadera hasta el talón, nunca fue construido, y por lo tanto, no se comprobó su funcionamiento.

En la década de los 60's el departamento de investigación de General Electric en colaboración con el departamento de investigación de la universidad Cornell y financiados por la oficina de investigación de la armada de E.U, construyeron un prototipo de un enorme exoesqueleto de cuerpo completo, apodado Hardiman (Gilbert, 1967). Este mecanismo accionado hidráulicamente, con un peso aproximado de 680 Kg, cuenta con 30 grados de libertad e incluye elementos que amplifican el poder armamentístico en las manos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). La finalidad de este sistema era incrementar drásticamente la fuerza del usuario en una relación de 25:1. En el año de 1966 fue presentada una patente con un diseño más elegante y compacto, sin embargo, no se pudo corregir el problema con las extremidades inferiores y el prototipo nunca fue manipulado por una persona. Su principal aportación son el diseño, la fuente de alimentación, la interfaz hombre-máquina y demostrar a la comunicad científica la dificultad de construir exoesqueletos(Fick & Makinson, 1971).

Motivados por estos sistemas tan novedosos, surge en Estados Unidos de América, con un fuerte financiamiento el programa EHPA (Exoskeletons for Human Performance Augmentation), derivado del programa DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency) (Dollar & Herr, 2008b), cuyo objetivo es "aumentar la capacidad de los soldados de tierra, más allá de la de un ser humano" (Sater, M . Garcia, E. Main, 2002). Algunos de sus exoesqueletos más populares son BLEEX exoskeleton, Sarcos exoskeleton, MIT exoesqueleto (Dollar & Herr, 2008b).

Por su parte en el artículo "Robotic exoskeleton: a review of recent progress" (Bogue, 2014), nos muestra un reporte de tres exoesqueletos pertenecientes al programa, de interés militar el HULC (Human Universal Load Carrier), los cuales permiten cargar hasta 90 kg por 30 km a una velocidad de 4km/h, posee un marco de titanio, el cual pesa 24 kg sin las baterías de litio y es accionado hidráulicamente.

El exoesqueleto de Aaron M. Dollar (Dollar & Herr, 2008a) cuenta con soportes motorizados y resortes a cada lado. El dispositivo genera un torque para extender la rodilla durante la fase de apoyo, por su parte el sistema no interviene durante la fase de impulso.

Michael S. Cherry, S Kota, et al. de la universidad de Michigan (Cherry, Kota, & Ferris, 2009), nos presentan un exoesqueleto elástico para asistir en el momento de correr. Este exoesqueleto se compone de un sistema de levas en la rodilla, un sistema de frenado por medio de embragues de fricción, que están montados sobre la espalda y un resorte plano curvado, fabricado por un compuesto de carbón, que va de la rodilla al pie. El embrague que retiene la rodilla es liberado mediante un cable Bowden accionado por las levas situadas en la espalda y el peso del usuario es soportado por el resorte plano que va de la rodilla al tobillo. Solo funciona en la fase de apoyo.

Elliot, Sawicki et al. del Instituto Tecnológico de Massachusetts (Elliott, Sawicki, Marecki, & Herr, 2013), presentan un exoesqueleto elástico para la rodilla, conformado por un embrague colocado en cada una de las articulaciones. Cuando el embrague se activa, proporciona una rigidez en la articulación mediante la compresión de un resorte plano en la fase de apoyo.

El diseño e innovación de estos sistemas no se limita a potenciar la locomoción humana, sino que también se enfoca en reducir el gasto metabólico al caminar, como es el caso del exoesqueleto autónomo presentado por Luke M. Mooney (Mooney, Member, Rouse, Member, & Herr, 2014), cuyo diseño se enfoca en aumentar la articulación del tobillo ya que, según ellos, es la responsable del 40% de la potencia durante la marcha. Dicho mecanismo se compone de dos estructuras de fibra de vidrio en forma de varillas unidas a una bota, un actuador de polea con motor DC montado sobre la espinilla, unas baterías de polímero de litio montadas en la cadera, un giroscopio integrado para medir la velocidad angular y un sensor óptico para medir la posición de los motores. El peso total del sistema es de 3.8 kg, 1.7 kg en la cadera y 2.1 kg en las piernas. El efecto metabólico del exoesqueleto fue probado en dos sujetos del sexo masculino (82 y 86 kg pesos; 175cm y 191 cm de altura) realizando una marcha sobre una caminadora a 1,4 m / s. Los sujetos estaban sanos y no mostraron alteraciones de la marcha. Los resultados apoyaron la hipótesis de que un exoesqueleto de tobillo puede reducir el coste

energético de caminar por el suministro de niveles biológicos de la energía mecánica y la minimización de la masa distal añadido.

El desarrollo de un exoesqueleto que sea útil cuando se trabaja en lugares donde sea prescindible tener un mayor rango de visión, es lo que nos presenta Hideaki Minakata y S. Tateno (2014) del Instituto de Tecnología Narashino, en Japón (Minakata & Tateno, 2014). En su estudio de un exoesqueleto con piernas extendidas, que tiene un peso aproximado de 12 kilos, permite extender 40 cm la longitud de las piernas máximo dependiendo de la configuración del largo de la pierna de la persona que lo esté utilizando. Este tipo de exoesqueleto no es muy conocido, por lo que los autores aclaran que continúa en fase de investigación y evaluando la bondad de su configuración.

Yasuhisa y Keiichi (Hasegawa & Ogura, 2013), presentó un exoesqueleto pasivo para reducir 10% el coste metabólico, el cual cuenta con una suspensión mecánica que va del pie a la rodilla y un resorte de la rodilla a la cadera. Cuenta con sensores instalados en la planta del pie, en el talón y en la parte de los dedos, esto para saber en qué momento del ciclo de la marcha se encuentra. Con estos datos el sistema puede tomar una decisión de liberar o retener el resorte que impulsa la pierna, para que esta entre en su fase de balanceo, mientras la otra pierna entra a la fase de apoyo o en la fase momentánea en que ambos pies no están en contacto con el suelo, momento característico al del ciclo de la marcha al correr.

S. Jackson, L. Ellis y et al. (2014) de la universidad de Canterbury de Nueva Zelanda (Jackson et al., 2014), presentan un exoesqueleto que utiliza actuadores neumáticos llamados Pneumatic Artificial Muscles (PAM), los cuales están distribuidos en las articulaciones de la rodilla y cadera, lo que permite imitar el funcionamiento de los músculos. La parte de la pierna cuenta con dos grados de libertad en la articulación del tobillo y un grado de libertad en la rodilla. Mediante un sistema de poleas, la parte de la cadera es atribuida con 3 grados de libertad. Esta sección así como las válvulas neumáticas y eléctricas se alojan en una placa trasera en forma de mochila. Este sistema muestra un diseño novedoso para los PAM que requieren una trayectoria lineal al momento de accionar y cuenta con un dispositivo que obliga a que sigan una trayectoria curva. El inconveniente es que presenta pérdidas de fuerza por la fricción.

El exoesqueleto llamado Mindwalker, desarrollado por Shinqian Wang et al. (Wang et al., 2015), provisto de actuadores eléctricos fabricados por ellos mismos y que está diseñado para la asistencia de personas parapléjicas, potenciando su proceso de locomoción. Este sistema permite realizar flexiones y una rotación en cadera y rodilla, además, cuenta con un algoritmo de estabilización durante el proceso de la marcha. Su sistema fue evaluado en pacientes sanos y parapléjicos, obteniendo como resultado que los pacientes sanos dieron pasos de manera exitosa, mientras que los pacientes parapléjicos presentaron problemas de estabilidad durante el ciclo de la marcha.

Gracias a la inversión privada hoy en día existen exoesqueletos en el mercado, los cuales tan destinados a otorgarle movilidad a los pacientes parapléjicos, dicho sistema como el exoesqueleto desarrollado por EKSO Bionics (Ekso Bionics, 2015), permite a las personas con alguna debilidad o parálisis en las extremidades inferiores ponerse de pie y caminar por si solas apoyándose en unas muletas. Los movimientos los consigue gracias a sensores que tiene las piernas, los cuales detectan que la persona se inclina hacia adelante y exoesqueleto inicia la marcha.

El exoesqueleto ReWalk™ desarrollado por ReWalkRobotics(ReWalkRobotic, 2015), está diseñado para el uso cotidiano, el cual auxilia a las personas con discapacidad o debilidad al caminar. Con este exoesqueleto el usuario puede sentarse, pararse, permite girar y tiene la capacidad de subir y bajar escaleras, cuenta con baterías recargables, Se puede ajustar a diferentes tamaños de personas de entre 160cm a 190cm, soporta personas de hasta 100kg. Requiere de muletas para caminar(Spungen AM, Asselin PK, Fineberg DB, Kornfeld SD, 2013).

El exoesqueleto HAL desarrollado por HAL exoskeleton de Ibaraki Japón(Cyberdyne, 2014), este sistema utiliza sensores colocado en los pies, con lo que el sistema toma muestras de los impulsos eléctricos de los nervios, de acuerdo a estas señales el exoesqueleto realiza el movimiento muscular en la articulación donde se requiere. Si el sistema no cuenta con señales, este exoesqueleto ofrece movimientos similares a los humanos con lo que el sistema puede ser utilizado por pacientes parapléjicos.

Ciclo de la marcha humana

El Dr. Pedro Luna Vera del Instituto de Biomecánica de Valencia, en su libro Biomecánica de la marcha humana normal y patológica describe la marcha humana como *“una serie de movimientos alternantes, rítmicos, de las extremidades y del tronco que determinan un desplazamiento hacia delante del centro de gravedad”* (Vera, 1999). El ciclo de la marcha inicia cuando uno de los pies hace contacto con el suelo y termina cuando el mismo pie vuelve a apoyarse en el suelo. En la Figura 1 se describe el ciclo de la marcha proceso en el que cada pierna experimenta una fase de apoyo la cual es un 60% del ciclo, es cuando el pie hace contacto con el suelo, una fase de oscilación es el 40% restante, cuando el pie está en el aire, desplazándose para su siguiente fase de apoyo y por ultimo esta la fase de doble apoyo que es cuando ambos pies están en contacto con el suelo (Stengele, 2008). Para mayor información sobre este tema puede recurrir a (Vera, 1999) y (Valencia, Javier, Fernández, Amerigo, & Naranjo, 2005) .

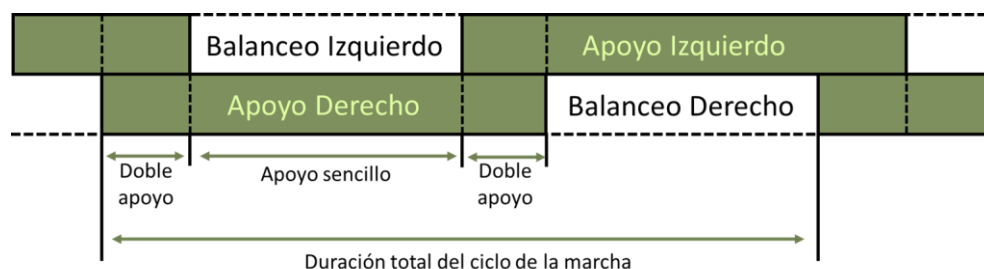


Figura 1. Se muestran las 3 partes principales características del ciclo de la marcha.

Metodología

Materiales

Se realizó un diseño CAD y su simulación de los componentes mecánicos; software de desarrollo de programación Arduino 1.6.5 para la programación de la tarjeta Arduino nano; impresora 3D para la construcción preliminar de las piezas del sistema; mini router CNC para fabricación de las piezas del prototipo; materiales de fabricación nylamiq tipo XS, rodamientos SKF, frenos hidraulicos marca Hayes HFX-Mag y servomotores TOWERPRO MG995.

Diseño preliminares de articulaciones

Los frenos propuestos, son los frenos de disco para bicicleta, debido a su gran fuerza de agarre, reducido tamaño y a que requieren poca fuerza para ser activados. Estos frenos serán instalados en los puntos las articulaciones de la pierna.

La primer articulación a tomar en cuenta es la rodilla, ya que se encarga de mantener la estabilidad y requiere de una gran solidez para transmitir el peso al suelo, así como suficiente movilidad bajo carga para poder desplazarse (Munuera., 1998), buscando imitar la cavidad y el cartílago femoral en nuestro sistema, tomando la cavidad como punto de soporte de la tibia y esta se desplazase en trayectoria circular, evitando así que el sistema friccione causando pérdidas de movilidad, de igual manera en el área central del fémur se adapta el disco de freno, mientras que en cavidad se realizó una grieta por donde se desplazase el disco, dando consigo mayor superficie de agarre, dicha analogía se ilustra en la Figura 2-B. El sistema de la rodilla cuenta con 90° de libertad, con lo que permite al paciente poder sentarse y caminar. El freno hidráulico se adapta en la parte frontal, donde tiene mayor contacto con el disco y proporciona cierto soporte a la estructura (Figura 2-B).

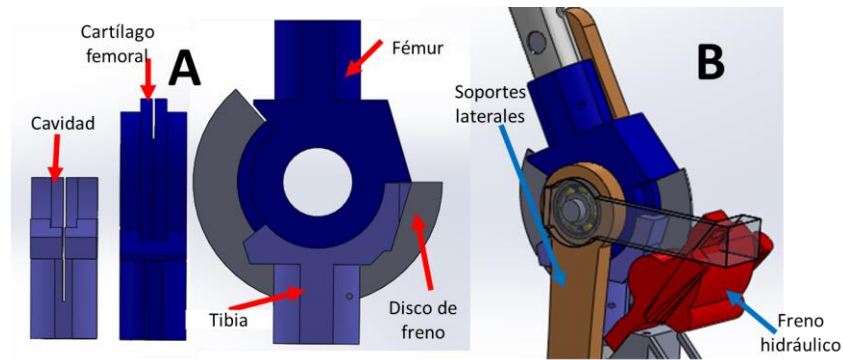


Figura 2. En la figura A se indica los puntos principales a imitar en el diseño. En la figura B se muestra el sistema con el freno hidráulico adaptado.

Con el diseño CAD y simulaciones realizadas se prosiguió a las pruebas físicas, creando las piezas de la rodilla en material abs, se ensambló y comprobó el correcto funcionamiento del freno hidráulico (Figura 3), obteniendo un frenado total y un frenado amortiguado con lo que se puede controlar la velocidad de frenado dependiendo de la fuerza aplicada por el servomotor adaptado a la palanca del freno.



Figura 3. Ensamble de piezas de la rodilla.

La articulación de la cadera y del tobillo, cuenta con las mismas características de diseño que la rodilla, con la diferencia de que el tobillo se modifica del ángulo y posición de los topes mecánicos para ajustarse a las necesidades en el momento de realizar zancada y el contacto del talón con el suelo.

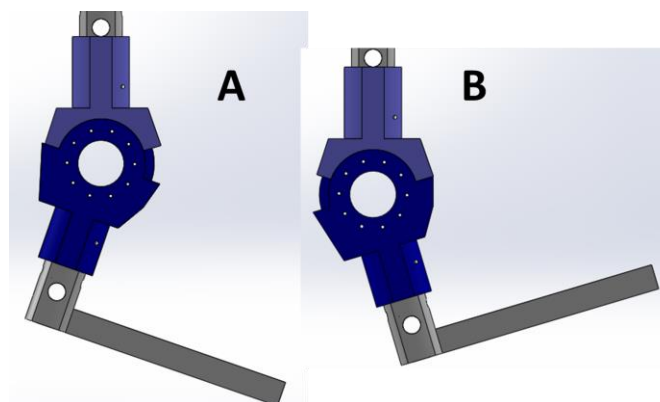


Figura 4. Figura A se muestra el tobillo al dar la zancada. Figura B se muestra al momento de apoyar el talón en el suelo.

El sistema de cadera al ser la articulación de la cadera de tipo esfera, está rota en 3 grados, teniendo una gran movilidad, por lo que se propone un sistema que utilice el modelo de la rodilla para que gire sobre los ejes XY para levantar la pierna, un sistema a base de resorte para que se desplace en el eje Y, al mismo tiempo amortigüe

al sistema apoyando a la cadera en su desfase de sus 5 grados que la cadera se desfasa al momento de sostener el cuerpo en una pierna, por último se utiliza un sistema de tornillos a función de tope mecánico para poder girar sobre los ejes XZ. Esta analogía se muestra en la *Figura 5*.

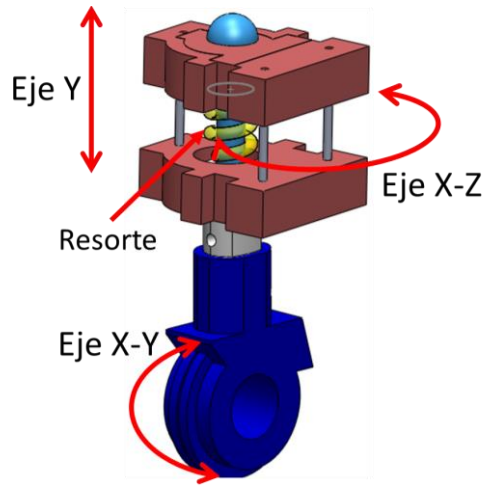


Figura 5. Analogía de la cadera con respecto al sistema diseñado.

Con cada articulación diseñada y construida independiente, se prosiguió al montaje de todos los componentes de una sola pierna, se diseñó y adaptó un sistema a base de eslabones donde se pretende unir ambas piernas, con esto el sistema se puede ajustar a cualquier tamaño, de igual manera se adaptó un sistema de abrazadera para estabilizar la pierna del exoesqueleto con la pierna del paciente (*Figura 6-A*). Para ajustar el tamaño del sistema, se fabricaron tubos ovalados con rosca interna, al cual lleva un tornillo roscado para agrandar o reducir la distancia entre dos tubos, como se muestra en la *Figura 6-B*.

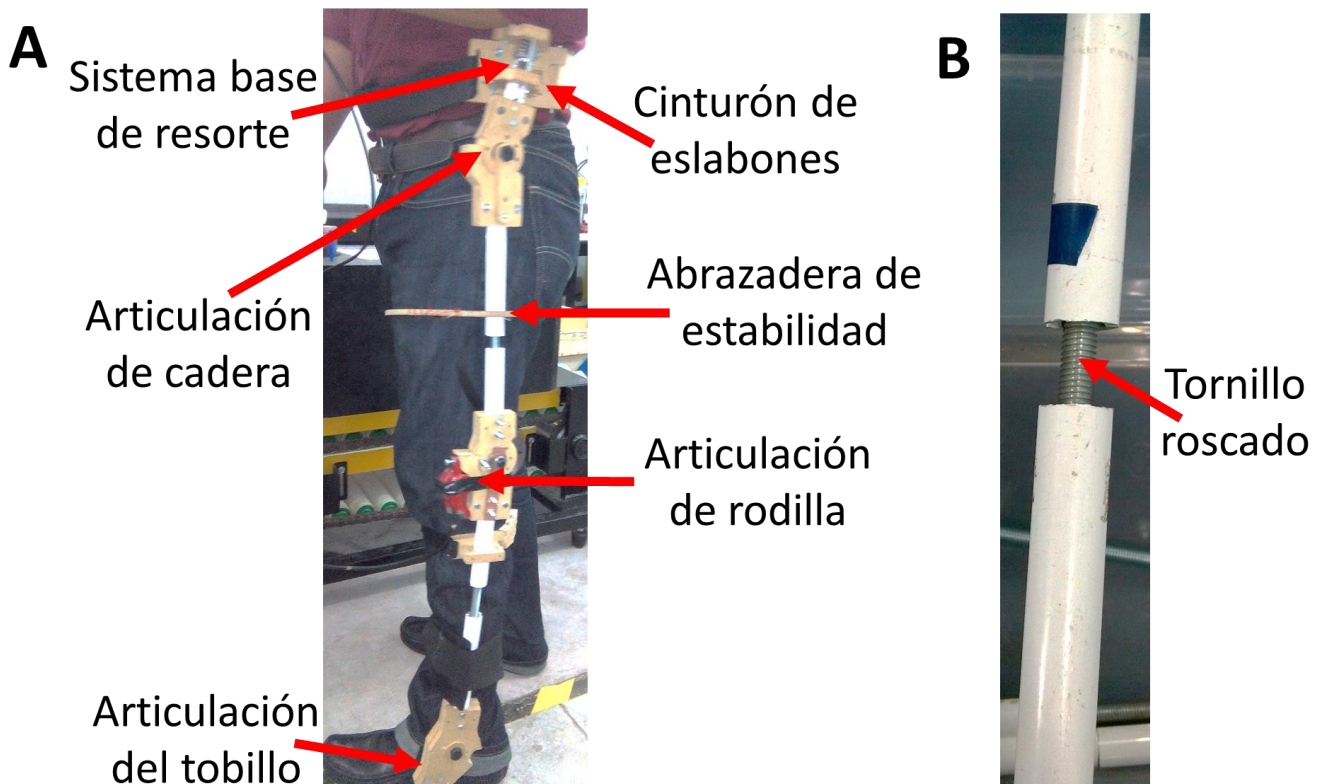


Figura 6. En la figura A Sistema de una sola pierna ensamblada. En la figura B se muestra el tubo ovalado roscado para ajuste de tamaño.

Conclusiones

El diseño mecánico simplificado permite que cualquier persona pueda utilizar el exoesqueleto, ya que se ajusta a cualquier tipo de constitución física mientras sostiene el peso. Al mismo tiempo, al no utilizar actuadores para potenciar la marcha, el sistema reduce su peso, tamaño y número de componentes, por lo que los costos de fabricación se reducen significativamente en comparación con otros diseños que tienen la misma finalidad.

La utilización de los frenos hidráulicos permite que la estructura se mantenga firme durante los momentos en que se detiene la marcha, y al iniciar la misma se liberan de manera suave, lo que da estabilidad y firmeza a la estructura.

Todo lo anterior, convierten al exoesqueleto en desarrollo en una opción viable y económica para aquellas personas que necesiten de un sistema de soporte para caminar.

Trabajo a futuro

Se continua trabajando este sistema, agregando la pierna de lado derecho, adaptar el sistema a un arnés de seguridad el cual cargara al paciente distribuyendo el peso a lo largo de las piernas del exoesqueleto, también se integrara la electrónica de control para apertura y cerrado por medio de sensores inerciales para el control de apertura y cierre de los frenos hidráulicos durante la marcha.

Referencias

1. Alejandro, M., Cardona, C., Spitia, F. R., & López, A. B. (2010). Exoesqueletos para potenciar las capacidades humanas y apoyar la rehabilitación. *Revista Ingeniería Biomédica*, 4, 63–73.
2. Bogue, R. (2014). Robotic exoskeletons: a review of recent progress, 3–8. <http://doi.org/10.1108/02602280810849965>
3. Cherry, M. S., Kota, S., & Ferris, D. P. (2009). An Elastic Exoskeleton for Assisting Human Running. *Mechanisms and Robotics Conference*, (June), 727–738. <http://doi.org/10.1115/DETC2009-87355>
4. Cyberdyne. (2014). HAL Exoskeleton. Retrieved from <http://www.cyberdyne.jp/>
5. Dollar, A. M., & Herr, H. (2008a). Design of a quasi-passive knee exoskeleton to assist running. *2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS*, 747–754. <http://doi.org/10.1109/IROS.2008.4651202>
6. Dollar, A. M., & Herr, H. (2008b). Lower extremity exoskeletons and active orthoses: Challenges and state-of-the-art. *IEEE Transactions on Robotics*, 24(1), 144–158.
7. Ekso Bionics. (2015). Ekso Bionics. Retrieved from <http://www.eksobionics.com/>
8. Elliott, G., Sawicki, G. S., Marecki, A., & Herr, H. (2013). The biomechanics and energetics of human running using an elastic knee exoskeleton. *IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, 0(4). <http://doi.org/10.1109/ICORR.2013.6650418>
9. Fick, B. R., & Makinson, J. B. (1971). FINAL REPORT ON HARDIMAN I PROTOTYPE FOR MACHINE AUGMENTATION OF HUMAN STRENGTH AND ENDURANCE. *New York*.
10. Gilbert, K. E. (1967). Exoskeleton prototype project: Final report on phase I. *General Electric Company, Schenectady, NY, GE Tech. Rep.*
11. Hasegawa, Y., & Ogura, K. (2013). First report on passive exoskeleton for easy running: PEXER IV. *2013 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, MHS 2013*. <http://doi.org/10.1109/MHS.2013.6710481>
12. Jackson, S., Ellis, L., Lui, C., Molloy, P., Paterson, K., Chandrapal, M., & Chen, X. Q. (2014). Development of an Active Powered Biped Lower Limb Exoskeleton.
13. Minakata, H., & Tateno, S. (2014). A study of leg-extender exoskeleton. *International Workshop on Advanced Motion Control, AMC*, 326–331. <http://doi.org/10.1109/AMC.2014.6823303>
14. Mooney, L. M., Member, I. S., Rouse, E. J., Member, I., & Herr, H. M. (2014). Autonomous Exoskeleton Reduces Metabolic Cost of Walking, 3065–3068.

15. Munuera., O. –. (1998). *Artroplastia de la rodilla*. Madrid España: Medica Panamericana S.A.
16. N. Yagn. (1890). Apparatus for facilitating walking, running, and jumping. *U.S. Patents 420 179 and 438 830, 1890, (420)*.
17. ReWalkRobotic. (2015). ReWalkRobotics. Retrieved from <http://www.rewalk.com/>
18. Sater, M. Garcia, E. Main, J. (2002). Exoskeletons for Human Performance Augmentation (EHPA) : A Program Summary, *20(8)*, 44–48.
19. Spungen AM, Asselin PK, Fineberg DB, Kornfeld SD, H. N. (2013). Exoskeletal-Assisted walking for persons with motor-complete paraplegia. *North Atlantic Treaty Organization (NATO), Research and Technology Organization, Human Factors and Medicine Panel. In Force Sustainment: Rehabilitation, Regeneration and Prosthetics for Re-Integration to Duty, Meeting Pr*(<http://www.cso.nato.int>), 6–1 – 6–14.
20. Stengele, F. H. (2008). *Diseño y construcción de prototipo neumático de prótesis de pierna humana*. Universidad de las Américas Puebla. Retrieved from http://www.tdx.cbuc.es/TDX/TDX_URV/TESIS/AVAILABLE/TDX-0703107-093652/TESIS1.pdf
21. Valencia, U. D. E., Javier, D. F., Fernández, F., Amerigo, D. E. M., & Naranjo, D. J. J. A. (2005). *Estudio Biomecánico De La Marcha En Pacientes Con Artrosis De Cadera*.
22. Vera, P. L. (1999). *Biomecánica de la marcha humana normal y patológica*. (I. de B. de Valencia, Ed.) (2a ed.). Valencia España.
23. Wang, S., Wang, L., Meijneke, C., Asseldonk, E. Van, Hoellinger, T., Cheron, G., ... Kooij, H. Van Der. (2015). Design and Evaluation of the Mindwalker Exoskeleton, *23(2)*, 277–286. <http://doi.org/10.1109/TNSRE.2014.2365697>

Análisis de elemento finito en la formación de la columna de giro para volante automotriz

E. González Villeda¹, P. F. Pacheco García², J.L. Reyes Rodríguez³

¹Departamento de Procesos y Operaciones Industriales, Universidad Tecnológica de Huejotzingo, Camino real a san Mateo s/n, C.P. 74169 Huejotzingo Puebla México.
eloy.villeda@hotmail.com

²Posgrados UPAEP, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 21 sur 110, barrio de Santiago Col. El Carmen C.P. 72410 Puebla Puebla México.
fidel.pacheco@upaep.mx

³Instituto Tecnológico de Orizaba Veracruz, Oriente 9 No. 852, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Veracruz México.
11jlreyes@gmail.com

Área de participación: Ingeniería Mecatrónica.

Palabras clave: elemento finito, discretización, nodos.

Resumen

El análisis del funcionamiento mecánico de una pieza automotriz independientemente de su diseño o función, requiere para su liberación, la aplicación de un conjunto de ensayos que deben ajustarse a especificaciones normalizadas con el fin de verificar y confirmar que los datos obtenidos coinciden con los parámetros establecidos, para así validar su funcionalidad de acuerdo a los estándares y la aplicación para lo que fue diseñada. Una alternativa para reducir los tiempos de desarrollo y ejecución de ensayos se basa en el desarrollo de procesos de simulación y ensayos virtuales a través de diferentes herramientas de software como Abaqus, Nastran, Algor, Ansys, entre otros. Con la aplicación de estas herramientas de software se alcanza una aproximación certera sobre el comportamiento y funcionalidad de la pieza, en donde los resultados pueden ser utilizados para establecer un buen margen en el avance de pruebas de laboratorio y basados en la experiencia desarrollada en CAE, los resultados llegan a ser confiables como una primera aproximación en la caracterización de la pieza, en el cual reduce los tiempos de desarrollo y costos de prueba, para su validación.

Abstract

The analysis of the mechanical operation of an automotive part regardless of design or function, required for his release, the application of a set of tests to be fit with standard specifications in order to verify and confirm that the data are consistent with the parameters set in order to validate its functionality according to the standards and the application for which it was designed. An alternative to reduce development time and execution of tests is based on the development of simulation processes and virtual testing through different software tools such as Abaqus, Nastran, Algor, Ansys, among others. By applying these software tools an accurate approximation of the behavior and functionality of the piece, where the results can be used to establish a good margin in the advancement of laboratory tests and based on the experience developed in CAE, is reached, the results become reliable as a first approach in the characterization of the piece, which reduces development time and testing costs for validation.

Introducción

El método de elementos finitos por novedoso que parezca, tiene ya varios años en su forma conceptual, ya que en ello podemos recordar las bases de cálculo diferencial e integral, sin embargo el desarrollo moderno de esta técnica comienza en 1940, específicamente en el campo de ingeniería estructural, con los trabajos de Hremikoff en 1941 y McHenry en 1943, quienes propusieron el uso de dos líneas en una dimensión para representar elementos como barras o vigas para el cálculo de esfuerzos en sólidos con sección transversal continua [Hortig y Kayser 2008]. El análisis de elementos finitos desde su enfoque matemático fue desarrollado en 1943 por

Richard Courant, quien usó el Método de Ritz del análisis numérico y el cálculo variacional para obtener soluciones aproximadas para sistemas oscilatorios.

En el FEM, el objeto o sistema se representa por un modelo geoméricamente similar que consta de múltiples regiones discretas simplificadas y conectadas donde las ecuaciones de equilibrio, junto con consideraciones físicas aplicables así como relaciones constitutivas, se aplican a cada elemento, y se construye un sistema de varias ecuaciones. El sistema de ecuaciones se resuelve para los valores desconocidos usando técnicas de álgebra lineal o esquemas no lineales, dependiendo del problema. Siendo un método aproximado, la precisión de los métodos FEA puede ser mejorada refinando la discretización en el modelo, usando más elementos y nodos [Bay y Bennani 1994].

Comúnmente se usa FEA en determinar los esfuerzos y desplazamientos en sistemas mecánicos, incluso es utilizado de manera rutinaria en el análisis de muchos otros tipos de problemas, entre ellos transferencia de calor, dinámica de fluidos, y electromagnetismo. Con FEA se pueden manejar sistemas complejos cuyas soluciones analíticas son difícilmente encontradas [Simulia 2010].

Metodología

- Características del diseño experimental
- El presente estudio fue basado en la metodología considerada de la plataforma CAD-CAE usando el software ANSYS 14.5, así como una estación de trabajo portátil para una mayor capacidad de respuesta en el desarrollo de los estudios digitales, ya que la versatilidad de este programa es amplia y permite considerar varios aspectos así como la modificación de datos a voluntad y de rápida respuesta.
- Consideraciones para el desarrollo del análisis.
- Aceptación de la geometría modelada en SolidWorks.
- Importación de los modelos con geometrías en *.Prt. *.Asm.
- Entorno amigable para desarrollar el estudio del proyecto.
- Asignación de diversos materiales a los componentes que forman la autoparte a estudiar.
- Condiciones de frontera que se solicitan de forma primaria para el desarrollo del estudio.
- La versatilidad para realizar edición de parámetros de carga.
- Los cambios rápidos con respecto a la calidad de malla.
- Tiempo de respuesta para la obtención de los resultados.
- Generación de informes consumados.
- Aprovechamiento de las herramientas visuales en ANSYS.

Entorno y condiciones del estudio

La columna de dirección es un conjunto de mecanismos que componen el sistema de dirección tienen la misión de orientar las ruedas delanteras para que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor. Para que el conductor no tenga que realizar esfuerzo en la orientación de las ruedas (a estas ruedas se las llama "directrices"), el vehículo dispone de un mecanismo desmultiplicador, en los casos simples (coches antiguos), o de servomecanismo de asistencia (en los vehículos actuales). Siendo la dirección uno de los órganos más importantes en el vehículo junto con el sistema de frenos, ya que de estos elementos depende la seguridad de las personas; debe reunir una serie de cualidades que proporcionan al conductor, la seguridad y comodidad necesaria en la conducción. Estas cualidades son las siguientes:

- Seguridad: depende de la fiabilidad del mecanismo, de la calidad de los materiales empleados y del entretenimiento adecuado.
- Suavidad: se consigue con un montaje preciso, una desmultiplicación adecuada y un perfecto engrase. La dureza en la conducción hace que ésta sea desagradable, a veces difícil y siempre fatigosa. Puede producirse por colocar un neumático inadecuado o mal inflado, por un "avance" o "salida" exagerados, por carga excesiva sobre las ruedas directrices y por estar el eje o el chasis deformado.
- Precisión: se consigue haciendo que la dirección no sea muy dura ni muy suave. Si la dirección es muy dura por un excesivo ataque (mal reglaje) o pequeña desmultiplicación (inadecuada), la conducción se hace fatigosa e imprecisa; por el contrario, si es muy suave, por causa de una desmultiplicación grande,

el conductor no siente la dirección y el vehículo sigue una trayectoria imprecisa. La falta de precisión puede ser debida a las siguientes causas:

- Por excesivo juego en los órganos de dirección.
- Por alabeo de las ruedas, que implica una modificación periódica en las cotas de reglaje y que no debe de exceder de 2 a 3 mm.
- Por un desgaste desigual en los neumáticos (falso redondeo), que hace ascender a la mangueta en cada vuelta, modificando por tanto las cotas de reglaje.
- El desequilibrio de las ruedas, que es el principal causante del shimmy, consiste en una serie de movimientos oscilatorios de las ruedas alrededor de su eje, que se transmite a la dirección, produciendo reacciones de vibración en el volante.
- Por la presión inadecuada en los neumáticos, que modifica las cotas de reglaje y que, si no es igual en las dos ruedas, hace que el vehículo se desvíe a un lado.
- Irreversibilidad: consiste en que el volante debe mandar el giro a las pero, por el contrario, las oscilaciones que toman estas, debido a las incidencias del terreno, no deben ser transmitidas al volante. Esto se consigue dando a los filetes del sin fin la inclinación adecuada, que debe ser relativamente pequeña.

Con respecto a lo ya mencionado podemos determinar que el sistema de dirección está sometido a diferentes entornos, denominados cargas, presiones, torques, etc. Dado esto se determinó que las cargas del momento torsor del estudio, se aplicaran de forma gradual iniciando en 2500.0 N.m y terminando en 25,000N.m de manera escalonada de 1000 en 1000N.m. Se tomara un análisis lineal estático, en donde una de las sujeciones, inicialmente permanecerá fija con respecto a la caja de dirección, el momento torsor se aplicara en la cara lateral de volante, lo cual implicara una transmisibilidad de movimiento uniformemente proporcional a la carga aplicada.

Resultados y discusión

Generación de malla

La malla generada para el estudio de la columna de dirección consta de 155,460 nodos, 81951 elementos. La información sobre las propiedades del material y otras características del problema se almacena junto con la información que describe la malla. Por otro lado las fuerzas, flujos térmicos o las temperaturas se reasignan a los puntos de la malla. Los nodos de la malla se les asignan una densidad dependiendo de las características del material así como de la tensión mecánica u otra propiedad. Las regiones que recibirán gran cantidad de tensión tienen normalmente una mayor densidad de nodos (densidad de malla) que aquellos que experimentan poco o ninguno. Los puntos de interés consisten en: puntos de fractura previamente probados del material, entrantes, esquinas, detalles complejos, y áreas de elevada tensión.

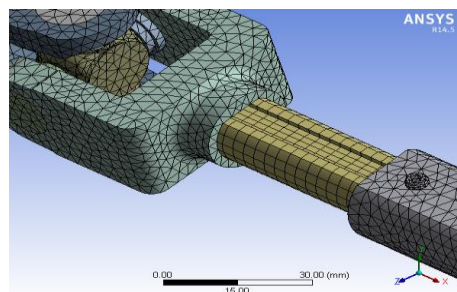


Figura 1. Detalle del mallado.

Análisis de torsión aplicado en la columna de dirección.

En este caso el análisis será estático lineal el cual requiere de cargas y sus respectivas restricciones que se presentan a continuación, debido a las circunstancias en el modelo a estudiar y realizando un arduo análisis con respecto a su estructura física, comportamiento y objetivo del estudio en proceso se

consideró ejercer un análisis de tipo estático estructural. Esto en consecuencia del funcionamiento que a su vez transmite a la dirección y este movimiento se ve reflejado en los neumáticos de un vehículo. La posición inicial física del modelo es rígida, con ciertos ángulos de inclinación de 35°, 60° y 90°, se presenta un momento torsor sobre su propio eje de 25000.0 Newtons-fuerza. A continuación se muestran los datos para la realización del estudio con respecto al momento torsor.

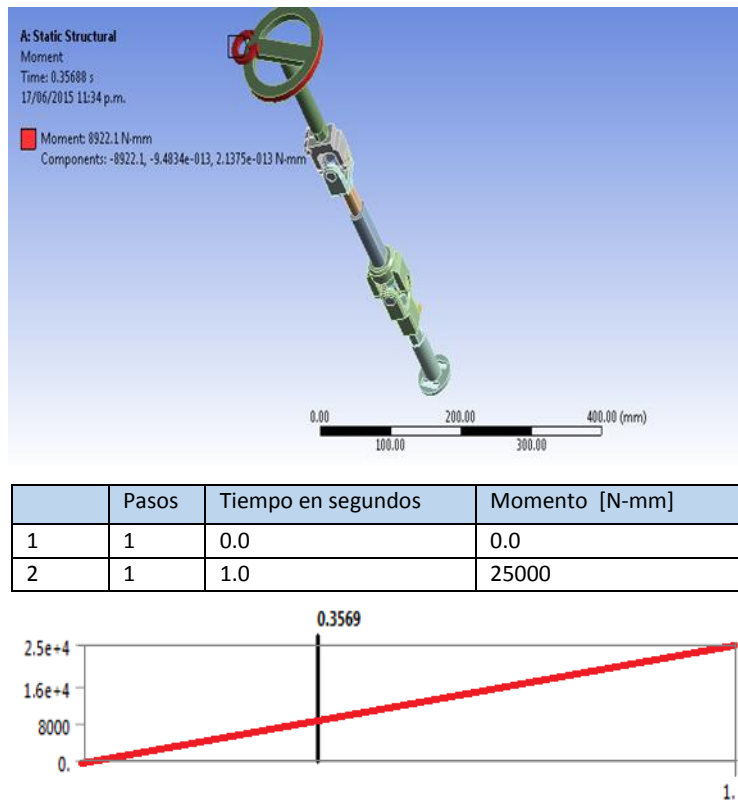


Figura 2. Momento torsor

La figura 2. Nos indica el momento torsor aplicado en la parte superior del elemento VT-006-1, obteniendo un momento de 8922.1 N-MM desarrollado en 0.3569 de minuto. El elemento que se observa y el cual sufrirá el máximo esfuerzo permisible es CR-0-1 (Cruceta inferior).

Deformación total

En la figura 3. Nos muestra la deformación máxima permitida de .062612mm. La cual se desarrolla en la cubierta superior del elemento volante VT-006-1, al aplicar el momento torsor a 10 RPM, en donde la fuerza generada en el punto máxima alcanza un valor de 159.2MPa. El punto mínimo genera una fuerza de 3.5681×10^{-6} MPa. localizado en el componente CD-007-1 el cual actúa como la restricción única. Este valor se considera favorable ya que se encuentra dentro del rango experimental.

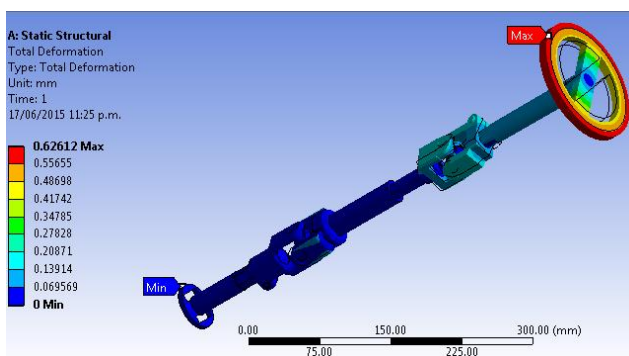


Figura 3. Deformación total

Resultados			
Minimo	0. mm	3.061e-011 mm/mm	3.568e-006 Mpa
Maximo	0.62612mm	7.9965e-004 mm/mm	159.2 Mpa
Minimo que ocurre	CD-007-1	VT-006-1	
Maximo que ocurre	VT-006-1	BLOQUEO DE ARANDELA DE RESORTE REGULAR _ai-1	

Deformación elástica

En la figura 4. Se observa la deformación elástica desarrollada en el componente VT-006-1 en la parte inferior de la sección de contacto con la horquilla alcanzando un valor máximo de 7.9965e-004 MM. Con una carga máxima generada de 159.2 MPa. La deformación mínima elástica se presenta en la parte superior interior del elemento VT-006-1 desarrollando un valor de 3.0601e-11 MM. En donde la carga mínima generada en el elemento es de 3.5681e-6 MPa.

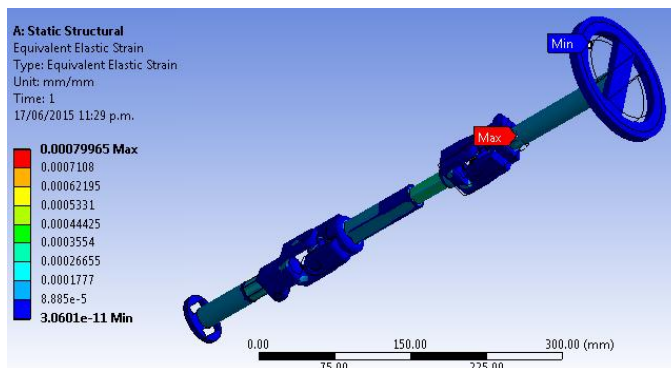


Figura 4. Deformación elástica

Resultados			
Minimo	0. mm	3.061e-011 mm/mm	3.568e-006 Mpa
Maximo	0.62612mm	7.9965e-004 mm/mm	159.2 Mpa
Minimo que ocurre	CD-007-1	VT-006-1	
Maximo que ocurre	VT-006-1	BLOQUEO DE ARANDELA DE RESORTE REGULAR _ai-1	

La figura 5. muestra la tensión máxima y mínima generada a través del momento torsor equivalente a 25000 N-MM (ramped), a través del equivalente del esfuerzo de Von-Mises alcanzado en el elemento VT-006-1 en la parte inferior de la sección de contacto con la horquilla obteniendo un valor máximo de 159.2 MPa. La tensión mínima

de Von Mises que se observa en la parte superior interior del elemento VT-006-1 es de 3.5681e-6 MPa. Este esfuerzo se desarrolla de manera experimental en un lapso de un minuto.

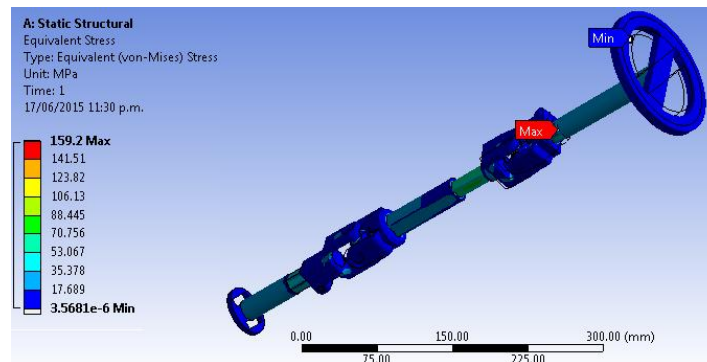


Figura 5. Esfuerzo Von - Mises

Resultados			
Minimo	0. mm	3.061e-011 mm/mm	3.568e-006 Mpa
Maximo	0.62612mm	7.9965e-004 mm/mm	159.2 Mpa
Minimo que ocurre	CD-007-1	VT-006-1	
Maximo que ocurre	VT-006-1	BLOQUEO DE ARANDELA DE RESORTE REGULAR _ai-1	

Factor de seguridad en el estudio

El coeficiente de seguridad (*también conocido como factor de seguridad*) es el coeficiente entre el valor calculado con respecto a la capacidad máxima capacidad de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido. Por este motivo es un número mayor que uno, que indica la capacidad en exceso que tiene el mismo sistema por sobre sus requerimientos.

En este sentido, en ingeniería, arquitectura y otras ciencias aplicadas, es común y en algunos casos imprescindible, que los cálculos de dimensionado de elementos o componentes de maquinaria, estructuras constructivas, instalaciones o dispositivos en general que incluyan un coeficiente de seguridad el cual garantice que bajo las desviaciones aleatorias de los requerimientos previstos, exista un margen extra de seguridad por encima de las mínimas restricciones estrictamente necesarias.

Si se tiene que evitar una falla estructural, las cargas que una estructura es capaz de soportar deben ser mayores que las cargas a las que se va a someter cuando este en servicio. Como la resistencia es la capacidad que tiene una estructura para resistir cargas, el criterio anterior se puede replantear como sigue:

La resistencia real de una estructura debe ser mayor que la resistencia requerida. La relación de la resistencia real entre la resistencia requerida se llama *factor de seguridad n*:

$$Factor\ de\ seguridad\ n = \frac{resistencia\ real}{resistencia\ requerida}$$

Naturalmente, el factor de seguridad debe ser mayor que 1.0 para evitar falla. Dependiendo de las circunstancias, los factores de seguridad varían desde un poco más que 1.0 hasta 10. La incorporación de factores de seguridad en el diseño no es asunto sencillo, porque tanto la resistencia como la falla tienen muchos significados distintos. La resistencia se puede medir con la capacidad portante, o de carga, de una estructura o bien se puede medir por el esfuerzo en el material.

La falla puede equivaler a la fractura y el completo colapso de la estructura o puede significar que las deformaciones se han vuelto tan grandes que la estructura ya no puede realizar sus funciones. Esta última clase de falla, puede presentarse con cargas muchos menores que las que causan el colapso real.

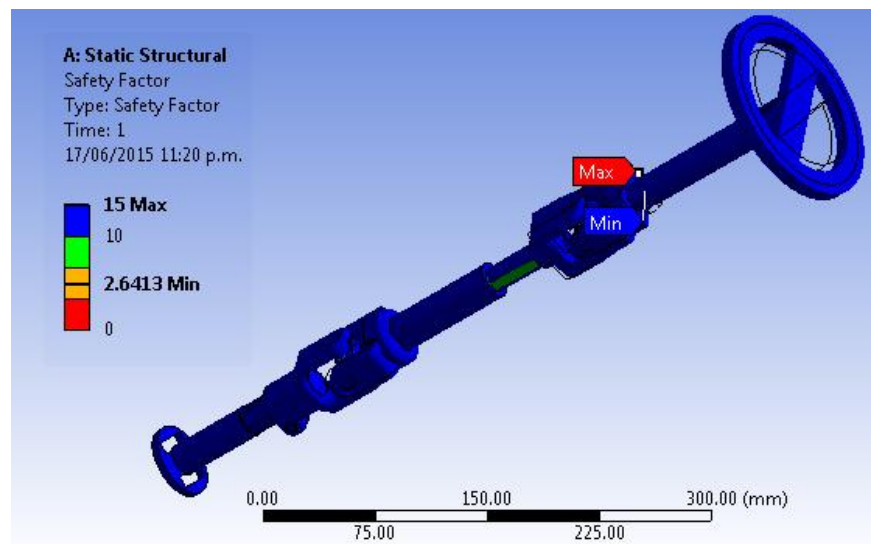


Figura 6. Factor de seguridad obtenido

En este análisis que se observa en la figura 7. donde el factor de seguridad específico de acuerdo a las propiedades de la columna de dirección automotriz debe ser menor de un valor de **4.0** basándonos en la teoría de estrés equivalente máximo con un límite de estrés denominado rendimiento de tracción por el material. **En consecuencia con los datos ya mencionados y los resultados obtenidos del estudio en FEA, se identificó que el factor de seguridad resultante es de $2.6413 > 1$ y < 4.0** , por lo cual se considera como un buen diseño ya que se encuentra en el rango establecido.

Trabajo a futuro

Es necesario y obligatorio para las personas que nos dedicamos al estudio del elemento finito a continuar en la realización de modelaciones y experimentaciones en las cuales se continúen desarrollando modelos virtuales, lo más cercano a la realidad, en el ámbito automotriz.

Se ha considerado darle continuidad a corto plazo al **proyecto de columna de dirección automotriz**, mediante un nuevo estudio de impacto en la zona frontal de la autoparte, en la cual se buscaran resultados comparativos de pruebas destructivas en función de conocer la fuerza que el elemento no es capaz de soportar.

Conclusiones

Este proyecto demuestra de manera satisfactoria la aplicación de la herramienta de análisis por elemento finito mediante el análisis estático de la columna de dirección automotriz, donde el método de elemento finito que se desarrolló a través de un estudio computacional y en el cual se incluye el trabajo realizado mediante herramientas CAD-CAE, así como el análisis de fuerzas de torsión en la superficie del elemento volante y los resultados de tensión de Von Mises en todos los componentes que constituyen el elemento en estudio el cual nos entregan valores reales que deben ser tomados en cuenta para la seguridad de un vehículo.

El estudio CAE denominado **columna de dirección automotriz** fue concebida bajo condiciones de trabajo de un auto tipo SEDAN, procedente de la marca Volkswagen teniendo en cuenta que dentro de la zona de la república mexicana es uno de los autos más demandados por el público en general. Este tipo de columnas de dirección en la actualidad es complementado con una dirección asistida la cual reduce el esfuerzo de giro del volante. En esta investigación se tomaron cierto número de restricciones, datos, especificaciones y otros más que se mencionaron con anterioridad.

Por lo tanto concluimos finalmente en que el análisis realizado en la columna de dirección puede sufrir cambios físicos en su estructura para la reducción de material para su elaboración, reducción de costos de manufactura, reducción de tiempos en pruebas destructivas, todos esto basándose en un análisis virtual que comparado con un físico la divergencia es de un 6.3 % a favor de las pruebas destructivas, considerando en la actualidad que el ensayo virtual es de mejor utilidad en la industria automotriz por su versatilidad.

Agradecimientos

A la M.C. Guillermina Urbano Vidales, directora del programa de mejoramiento del profesorado PROMEP/PRODEP por los apoyos brindados para realizar la investigación.

Al M.A. Julio Curio Vega. Secretario académico de la Universidad Tecnológica de Huejotzingo, por las facilidades otorgadas para la realización de la investigación.

Referencias

1. ASTM Standard F394-78, STM Annual Book of Standards, Vol.15.02, Sección 16. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, 1996, pp. 466-490.
2. Alcalá Cabrelles, Jorge; Llanes, L; Mateo García, Antonio Manuel; Salán, M. N; Anglada, Marc, " Fractura de materiales", Barcelona Edicions UPC, 2002.
3. Börger, A., Supancic, P., Danzer, R., The ball on three balls test for strength testing of brittle discs: stress distribution in the disc, J. Europ. Ceram. Soc. 22(2002), 1425-1436.
4. Börger, A., Supancic, P., Danzer, R., The ball on three balls test for strength testing Of brittle discs: Part II: analysis of possible errors in strength determination, J. Europ. Ceram. Soc. 24(2004), 2917-2928.
5. Barisic B., Car Z., Ikoni M., Modeling approach at determining of Backward extrusion force, Metalurgia, Croacia, 2004.
6. Bay N., B. Bennani., Limits of lubrication in backward can extrusion: Analysis by the finite- element method and physical modelling experiments, Journal of MaterialsProcessing Technology, Francia, 1994
7. Carlos A. Felippa (2001). «A historical outline of matrix structural analysis: a play in three acts». Computers & Structures 79 (14): 1313—1324. doi:10.1016/S0045-7949(01)00025-6.
8. Farhoumand A., Ebrahimi R. Analysis of forward-backward-radial extrusion process, Materials and Design, Irán, 2008.
9. Hieronimus, Klaus, A Few Aspects on the Development of Structural Models, SAE Technical Paper 770598, 1977.
10. Hastings, J. K., Juds, M. A., Brauer, J. R., Accuracy and Economy of Finite Element Magnetic Analysis, 33rd Annual National Relay Conference, April 1985.
11. McLaren-Mercedes (2006). «Vodafone McLaren-Mercedes: Feature - Stress to impress». Consultado el 3 de octubre de 2006.
12. Marc Halpern (1997). «Industrial Requirements and Practices in Finite Element Meshing: A Survey of Trends».
13. Chee Kong Teo, Sensitivity Study Of A Truck Chassis, Masters Thesis, Mississippi State University, Department of Mechanical Engineering, December 2002.
14. Turner, M.J., R.W. Clough, H.C. Martin, and L.C. Topp (1956). «Stiffness and Deflection Analysis of Complex Structures». Journal of the Aeronautical Sciences 23: 805–824.
15. «FEA Information». August 2005. Consultado el 3 de septiembre de 2006.
16. Introduction to a finite element analisis program: ANSYS, KTH
17. Marché simulation calcul analyse Europe 2007, CAO PLM France Allemagne UK Italy datos de Logiciel.org
18. Course in FEM – ANSYS Classic en Aalborg Universitet
19. ANSYS History

SISTEMAS COMPUTACIONALES

- 1 **Diseño de un sistema para valoración de perfiles de recursos humanos** 403
Jorge Armando Rosas Daniel, Oscar Mario Rodríguez Elías, María de Jesús Velázquez Mendoza y Cesar Enrique Rose Gómez.
- 2 **Pruebas de Regresión Funcional Mediante el Uso de Patrones de Diseño.** 415
Leticia Dávila Nicanor, Omar Marín Guerrero, Irene Aguilar Juárez y Joel Ayala de la Vega.
- 3 **MAPIC 1.0.0, un lenguaje específico de dominio para el microcontrolador PIC16F887.** 423
Alejandro Báez Domínguez, Carlos Vásquez Gómez, Patricia Quitl González, Concepción Nava Arteaga y, Miguel Ángel Herrera Hernández.
- 4 **Instalación y configuración de un clúster de visualización utilizando Rocks 5.3** 430
Marco Antonio Gómez Abascal, Abelardo Rodríguez León, Guillermo E. Ovando Chacón y Juan Prince Avelino.
- 5 **Aplicación Web para la automatización y control de equipos de bombeo de agua potable** 437
Eneida Yazmín Honorato Rodríguez, Ana Francisca Lule Rangel, Rogelio Enrique Telona Torres, Juan Rafael González Cadena y S. Torres Nolasco.
- 6 **Análisis y evaluación del framework JaCaMo para construir SMA** 444
Anahí Presas Ruiz y Cora Beatriz Excelente Toledo

Diseño de un sistema para valoración de perfiles de recursos humanos

J. A. Rosas-Daniel¹, O. M. Rodríguez-Elias², M. J. Velazquez-Mendoza³, C. E. Rose-Gómez⁴
*Instituto Tecnológico de Hermosillo, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Av. Tecnológico S/N,
Col. El Sahuaro, CP. 83170, Hermosillo, Sonora, México.*

¹roda.jorgearmando@gmail.com; {²omrodriguez, ³rvelazqu, ⁴crose}@ith.mx

Área de participación: Ingeniería en Sistemas Computacionales

Resumen

La gestión de recursos humanos (GRH) se ha convertido en un proceso clave para el cumplimiento de las metas que determinan el desarrollo y mantenimiento exitoso de las organizaciones. Por la compleja naturaleza del ser humano, la GRH presenta problemas complejos para determinar la afinidad de los individuos con los roles requeridos por una organización. Tomando en cuenta lo anterior, este trabajo propone el diseño de un sistema para la valoración de individuos basado en un modelo de lógica difusa. El sistema permite emparar las necesidades de conocimiento de los roles involucrados en los procesos de una organización, con los conocimientos con que cuentan las personas candidatas a ocuparlos, con el fin de determinar el grado con el cual el perfil de conocimiento de un individuo cumple con el perfil de conocimiento requerido para un rol.

Palabras clave: *Lógica Difusa, Gestión de Recursos Humanos, Sistemas Expertos, Ingeniería de Conocimiento.*

Abstract

The Human Resources Management (HRM) has become a key process for the fulfillment of the goals which determine the development and maintenance of successful organizations. Due to the complex of the human being, HRM presents complex problems to determine the affinity of individuals to the roles required by an organization. Considering the above, this paper proposes the design of a system for the assessment of individuals based on a fuzzy logic model. The system enables tying the knowledge needs of the roles involved in the processes of an organization with the knowledge that the candidates have, in order to determine the degree to which the knowledge profile of an individual fulfills the required knowledge profile for a role.

Introducción

En la actualidad, las personas necesitan desarrollar competencias por medio del uso de sus conocimientos y habilidades para hacer frente a los desafíos que se suscitan en su entorno laboral [Kelemenis, Ergazakis, y Askounis, 2011], esta necesidad de Recursos Humanos (RH) de calidad es una consecuencia del aumento en la competencia y el desarrollo tecnológico que ha llevado a las organizaciones al mercado competitivo de hoy día [Güngör, Serhadlioglu, y Kesen, 2009].

Los individuos que forman parte de las organizaciones determinan el curso y éxito de las mismas. Estos se encargan del desarrollo continuo de la organización al identificar problemas que obstruyen el desempeño de los procesos (y de los mismos individuos) y buscar y aplicar soluciones a dichos problemas para el sostenimiento de la actividad organizacional. Lograr que los individuos enfrenten los desafíos de una economía cada vez más demandante de recursos humanos de calidad es en sí mismo un gran desafío ocasionado por la complejidad humana y el avance científico y tecnológico. Por ende la gestión de los recursos humanos (GRH) se ha convertido en un proceso clave para el cumplimiento de las metas que permiten el desarrollo y mantenimiento exitoso de las organizaciones.

Por la compleja naturaleza del ser humano, la GRH presenta problemas complejos para determinar la afinidad de los individuos con los roles requeridos por una organización. Estos son difíciles de abordar mediante estrategias tradicionales (como la evaluación multi-criterio cualitativo y cuantitativo de los individuos). El uso de tecnologías de la información y comunicación (TIC's) para facilitar la gestión del conocimiento en las

organizaciones permite la creación de infraestructuras que facilitan el compartimiento de conocimientos [Rao, 2005].

Debido a lo anterior el implementar mecanismos que den apoyo a las problemáticas que se derivan de la GRH con base en el conocimiento tácito en las organizaciones es una tarea muy importante. Determinar el nivel de conocimiento de los individuos es una tarea compleja que se ve rodeada de mucha incertidumbre, dada a causa de información incompleta, opiniones ambiguas o parciales y la dificultad misma de medir dichos niveles de la persona.

El presente proyecto usa un enfoque de gestión del conocimiento (GC) para apoyar la gestión de los recursos humanos (GRH) en las organizaciones, debido a la relación observada entre la GRH y la GC al buscar soluciones a las problemáticas de la GRH [Runar Edvardsson, 2008].

Tomando en cuenta lo anterior, este trabajo propone el diseño de un sistema de valoración de individuos basado en un modelo de lógica difusa. El sistema permite empatar las necesidades de conocimiento de los puestos o roles involucrados en los procesos de una organización, con los conocimientos con que cuentan las personas candidatas a ocuparlos, con el fin de determinar el grado con el cual el perfil de conocimiento de un individuo cumple con el perfil de conocimiento requerido. El sistema hace uso del modelo difuso para validación de perfiles de conocimiento de Rosas Daniel y col., [2014], el cual aprovecha el modelo para la definición de perfiles de conocimiento desarrollado por Velazquez Mendoza, [2013].

El documento está organizado de la siguiente manera: la sección 2 introduce los principales conceptos relacionados con la investigación para tener una idea más amplia de la relevancia de este trabajo. El diseño del sistema se explica en la sección 3. En la sección 4 se explica cómo fue implementado el diseño. El uso del sistema y el proceso de valoración se presentan en la sección 5. Se desarrolla una discusión de los resultados y el estado actual del sistema en la sección 6. Por último, En la sección 7 se habla del trabajo futuro que se requiere realizar y se presentan las conclusiones de este proyecto.

Marco Teórico

Según Ivancevich, [2005], la GRH es la administración eficaz de la gente en el trabajo para que sean trabajadores satisfechos y productivos, logrando así que todos los individuos de un organización vean “el bien a causa de su duro trabajo” (Eclesiastés 2:24.). Este autor explica que los individuos son “la sangre de las organizaciones” a causa de que son por y para ellos que existen. Para lograr el éxito competitivo de la organización es indispensable que las operaciones de la GRH tomen en consideración los factores que influyen en el correcto funcionamiento de los procesos organizacionales.

En la actualidad (y desde siempre), el valor de los RH para las organizaciones radica en gran medida en los conocimientos que éstos tienen [García, Benjamín, y Pérez, 2014; Kelemenis y col., 2011], (Col. 1:9,10). La gestión del conocimiento consiste en optimizar la utilización del conocimiento al crear condiciones que permitan el flujo de conocimiento de la mejor manera [Canals, 2003; Mousavizadeh, Harden, Ryan, & Windsor, 2015; Zarzu & Scarlat, 2015], esto a través de la compresión de los flujos de información y la implementación de prácticas de aprendizaje organizacional [Dalkir, 2011]. Se ha observado que el éxito de la gestión del conocimiento como ventaja para las organizaciones se debe principalmente a la gestión del conocimiento tácito alojado en las personas, por lo cual las iniciativas tienen que centrarse en las personas para obtener verdaderas ventajas [Dalkir, 2011].

Velazquez Mendoza, [2013] define perfil de conocimiento como un “Conjunto de rasgos estructurados que describen el conocimiento requerido, asociado a los recursos y capacidades, que permitan habilitar la generación dinámica de competencias laborales, competencias de los procesos clave y competencias distintivas que generen valor a la organización”. Por lo tanto un perfil de conocimiento nos permite definir a un individuo o rol organizacional desde la perspectiva de los conocimientos que generan las competencias para llevar a cabo las tareas de los procesos clave de las organizaciones.

La validación del perfil de conocimiento de un individuo con respecto al perfil de conocimiento de un rol dentro de una organización es una problemática que lleva mucha incertidumbre, debido a la diversa variedad de

perfiles que los seres humanos podemos ofrecer y a que la evaluación exacta de los mismos es prácticamente imposible de realizar. Sin embargo, los seres humanos somos capaces de determinar el valor de aquello que nos rodea tomando en consideración la incertidumbre existente y respondiendo de una manera un tanto difusa, lo cual permite tomar decisiones en nuestro diario vivir, y por supuesto, en las organizaciones en las que nos desenvolvemos. Para tomar ventaja de esta característica humana en la validación de perfiles de conocimiento por medio del uso de las TIC's, se hace uso de la técnica conocida como lógica difusa.

La lógica difusa es una metodología que permite obtener una conclusión a partir de información ambigua (como "tibio", "alto", "rápido"), imitando así la forma en cómo una persona toma decisiones basadas en información imprecisa [DNegri y De Vito, 2006]. En lógica difusa, un conjunto es colección de objetos distintos con una o varias propiedades en común, está definido por elementos con diferentes grados de pertenencia, no son completamente rechazados ni completamente aceptados, sino que hasta cierto grado son parte del conjunto difuso o no lo son [Morillas Raya, 2006]. La función de pertenencia toma el valor de un número real en el intervalo [0,1], quedando definido el conjunto [Morillas Raya, 2006]:

$$A = \{ (x, mA(x)) : x \in U, mA(x) \in [0,1] \}$$

Donde A es el conjunto de pares de elementos y su grado de pertenencia (mA(x)), siempre y cuando los elementos pertenezcan al universo de estudio y que el valor de pertenencia esté entre 0 y 1.

Diseño del Sistema

Se siguió la metodología de desarrollo de software en cascada. Primeramente se realizó un análisis de requerimientos en base a lo mínimo que el modelo difuso [Rosas Daniel y col., 2014] requiere para su implementación. Se determinaron los casos de uso, los tipos usuarios del sistema y los diagramas de actividades que determinan el flujo de las operaciones. En la **Figura 1** se presenta la interacción del sistema con los usuarios y los procesos internos principales que realiza para presentar los resultados de la valoración.

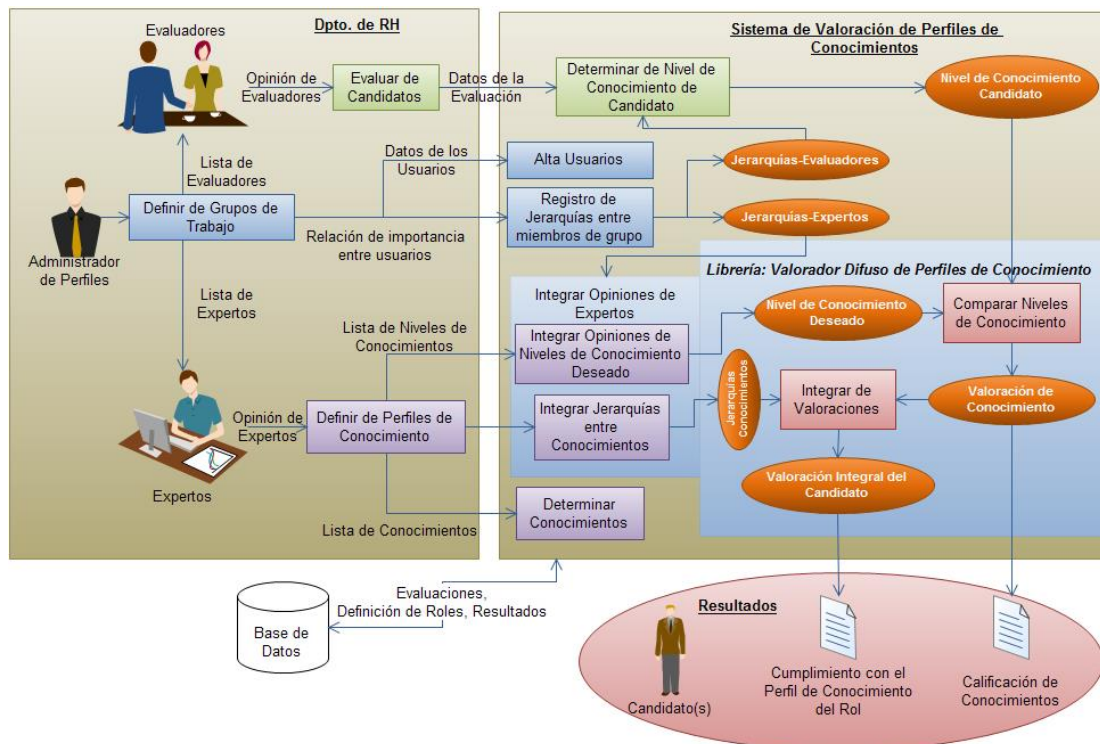


Figura 1 Operaciones principales del Sistema y relación con el entorno organizacional.

Basado en los requerimientos, se realizó el diseño del sistema. Se definieron cuatro componentes específicos que desempeñan las funciones principales del modelo mencionado, un quinto componente lleva a cabo las

operaciones comunes entre los cuatro anteriores (como la autenticación, entre otros). El modelo difuso (mencionado con anterioridad) se definió como una librería externa al sistema de valoración que nos permite utilizarla en otros sistemas o actualizaciones del mismo (librería: Valorador Difuso de Perfiles de Conocimiento, VDPC). Además, se definió la base de datos como un sexto componente que permite realizar cambios a su estructura sin necesidad de actualizar el resto de los componentes del sistema siempre y cuando proporcione las interfaces necesarias para el correcto funcionamiento del sistema, las cuales se determinan por medio de procedimientos almacenados y vistas (véase **Figura 2**).

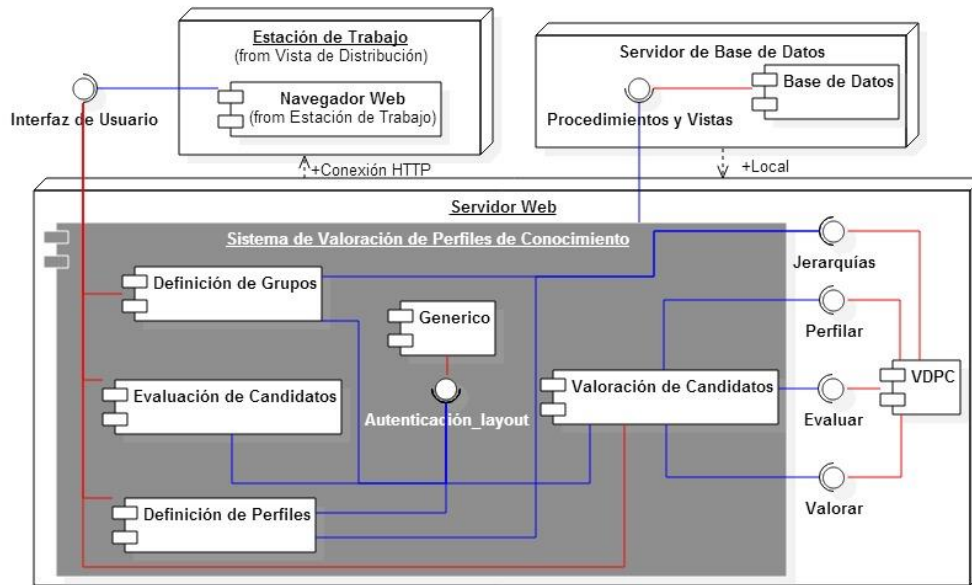


Figura 2 Componentes del SVPC.

Se diseñó la base de datos por medio del modelado de datos entidad-relación (ER). En el diagrama ER (véase **Figura 3**) podemos visualizar como un **usuario** (experto/evaluador) **tiene asignaciones a un (o varios) perfil(es)**, las cuales **tienen** determinada una **jerarquía entre miembros**, a los cuales (de ser experto) **define un nivel de conocimiento de un conocimiento** y una **jerarquía de conocimientos entre los conocimientos que tiene la definición de dicho perfil**. También, el **usuario**, (si es un evaluador) **registra a los candidatos** y **realiza las evaluaciones de un (o varios) candidato(s) respecto a cada uno de los conocimientos de los perfiles a los cuales ha sido asignado**. El **candidato** se **valora** con respecto a cada **definición** y se determina si el **candidato cumple con el perfil**.

Lo que convierte a la base de datos en un componente que encapsula su comportamiento es la definición de sus vistas y procedimientos almacenados, por lo que las interfaces del componente de base de datos son implementadas como vistas y procedimientos almacenados. La interacción que el sistema tiene con la base de datos, por medio de dichas interfaces, permite que la estructura de la base de datos quede encapsulada y que los cambios en la misma no perjudiquen al resto del sistema. Otra ventaja es que por medio de los procedimientos almacenados podemos evitar que la integridad de los datos se vea comprometida sin ofrecer información de la estructura interna al aplicar validaciones a los parámetros de entrada del procedimiento. También evitamos otorgar permisos de escritura (*INSERT*, *UPDATE*), lectura (*SELECT*) o eliminación (*DELETE*) directamente sobre la estructura de la base de datos.

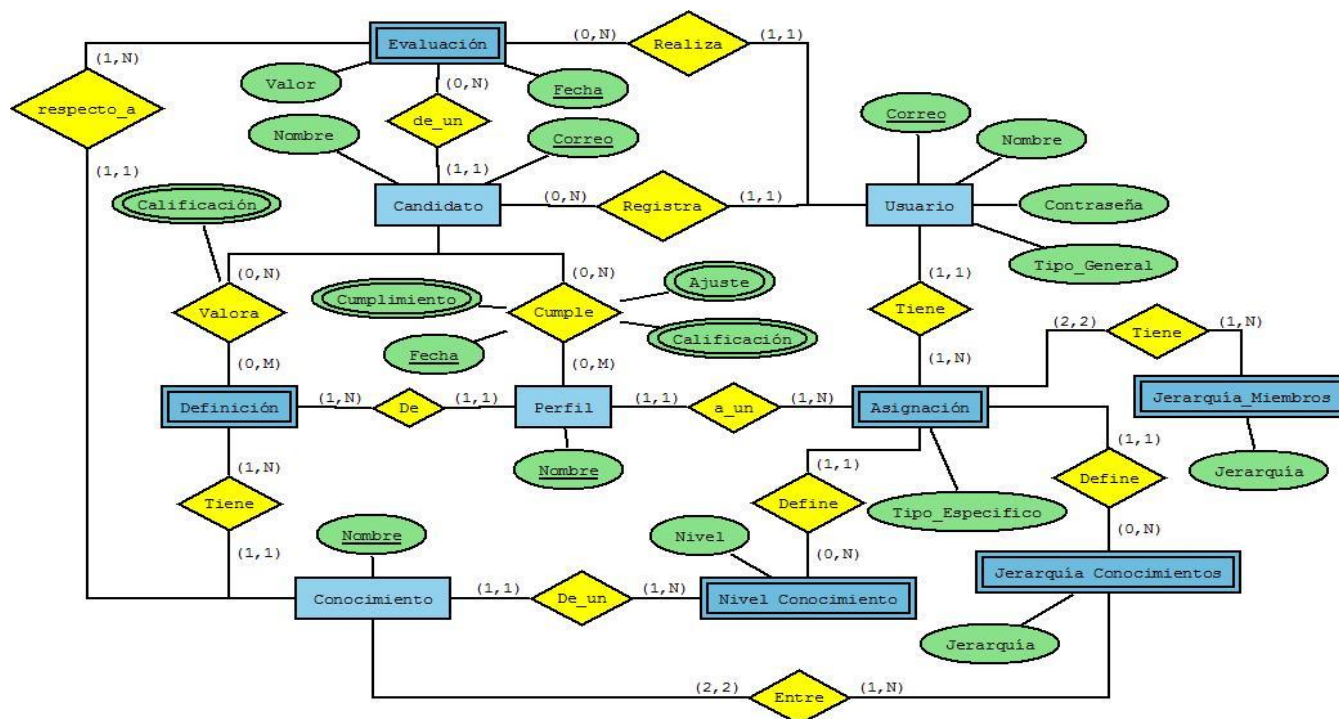


Figura 3 Diagrama Entidad-Relación.

Para el diseño de cada uno de los componentes se hizo uso del paradigma Orientado a Objetos (OO), el cual nos permite hacer uso de la Programación Orientada a Objetos (POO), y el patrón de arquitectura de software Modelo-Vista-Controlador (MVC, véase Figura 4).

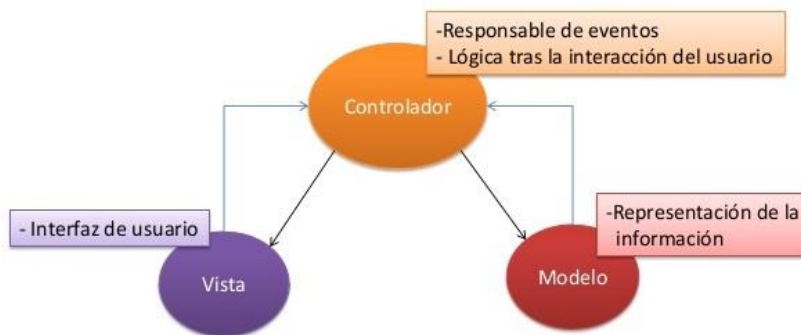


Figura 4 Patrón de arquitectura MVC variante MVA.

Cada uno de los componentes cuenta con controladores y modelos que implementan las operaciones de las interfaces de los componentes a los cuales pertenecen.

Por último se definieron los bosquejos de las interfaces de usuario (véase Figura 5) que dan soporte al sistema y las vistas que las generan con su respectiva relación a los controladores que las administran. Las vistas son código encargado de generar la interfaz del usuario en código *HTML* con el uso de parámetros. En nuestro caso, utilizamos una (o varias) vista(s) para generar varios bosquejos (o interfaces), lo cual permitió la reutilización de código.

Roles		
Rol	Expertos	Evaluadores
1	Ingeniero de SW Jorge A. Rosas Irma J. Rivera	Jorge A. Rosas
2	Programador Jorge A. Rosas Irma J. Rivera	
3	Analista Jorge A. Rosas	Jorge A. Rosas Irma J. Rivera

■	Totalmente Definido : Todos los expertos han definido los niveles y sus jerarquias
■	Opinando : Los expertos han comenzado a definir los niveles y sus jerarquias
■	Parcialmente Definido : Se han definido los conocimientos para el perfil por parte
■	Indefinido : No se ha definido ningun conocimiento por el experto lider

Figura 5 Ejemplo de Bosquejo: Lista de perfiles de conocimientos (Administrador de Perfiles).

Desarrollo del Sistema

El Sistema de Valoración de Perfiles de Conocimiento (SVPC) fue pensado como una aplicación web, debido a las ventajas de este tipo de aplicaciones (multiplataforma, actualizaciones inmediatas, portables, colaboración, entre otras).

Tecnologías Utilizadas

El lenguaje de programación elegido para desarrollar el SVPC del lado del servidor fue PHP (versión 5.6.8), debido a que es gratuito, popular entre los desarrolladores de este tipo de aplicaciones y por la experiencia con la que contaban los programadores en este lenguaje. Se implementó en el *framework CodeIgniter* (versión 2.2.2), creado por Ellislab y actualmente un proyecto del *BCIT (British Columbia Institute of Technology)*, para hacer uso del patrón de arquitectura MVC (Modelo-Vista-Controlador). El SGBD utilizado fue MySQL 5.5.

En lo que corresponde al cliente se utilizó la librería *JQuery* para efectos visuales y otros procesos (como validación de campos), así como librerías dependientes de esta. El diseño se realizó con CSS y la librería *bootstrap* (versión 3.3.5).

Implementación

El sistema se implementó en una plataforma basada en *Red Hat* para aplicaciones en la nube llamada *Openshift*. El sistema se encuentra en operación y listo para su uso y pruebas. Hasta el momento no se han realizado pruebas con datos reales, solo con datos hipotéticos.

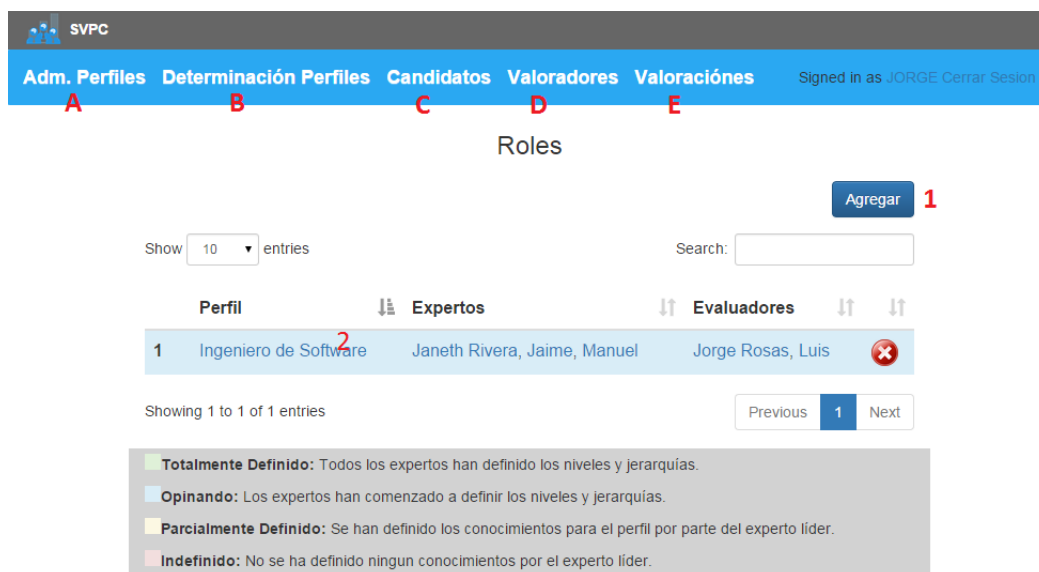
Uso del Sistema

El sistema implementa cuatro tipos de usuarios para llevar a cabo el proceso de valoración de perfiles de conocimientos de candidatos con respecto a perfiles de conocimientos de roles. Para registrarlos en el sistema solo se requiere el nombre y correo del individuo (siendo el correo su identificador). Los usuarios se describen a continuación:

1. *Administrador de Perfiles*.- es el usuario encargado de determinar qué perfiles de conocimiento (roles) existen en la organización, qué individuos son capaces de definir dichos perfiles y qué individuos evaluarán a los candidatos con respecto a dicho perfil.
2. *Líder Experto*.- persona que define la lista de conocimientos de un perfil de conocimiento de un rol.
3. *Expertos*.- individuos asignados a un perfil de conocimiento que ofrecen sus opiniones acerca de los niveles y jerarquías entre conocimientos que permitirán definir el perfil de conocimiento del rol organizacional como la integración de dichas opiniones.
4. *Evaluadores* tendrán permiso para dar de alta a los candidatos y realizar las evaluaciones de los conocimientos de todos los perfiles a los cuales han sido asignados.
5. *Valoradores* que tienen el permiso de ejecutar el proceso de valoración de candidatos con respecto a roles.

Registro de un rol

El *Administrador de Perfiles* define 1) el rol a registrar (véase 1 en **Figura 6** y **Figura 7**), 2) los *Expertos* (y su líder) encargados de definir el perfil de conocimiento del rol (véase 2 en **Figura 7**) y 3) la matriz de jerarquías entre *Expertos*, por medio expresiones lingüísticas como “Justo Iguales” (JI), “Igualmente Importantes” (II), “Poco Más Importante” (PMI), “Muy Importante” (MI) y “Demasiado Importante” (DI) y “Absolutamente Mas Importante” (AMI) ,que define la importancia entre ellos al registrar un rol en el sistema (véase 3 en **Figura 7**).



Instituto Tecnológico de Hermosillo

Figura 6 Perfiles de Conocimiento de los Roles organizacionales (Administrador de Perfiles).

Editar rol/Definir Evaluadores

El *Administrador de Perfiles* edita la información del rol al presionar el link con el nombre del rol en la lista de roles (2 en véase **Figura 6**), una vez hecho esto le preguntará si desea editar el nombre, el grupo de *Expertos* o de *Evaluadores* asignados al rol. Al editar un grupo de trabajo el sistema presenta una interfaz similar al registrar un rol (véase **Figura 7**), en la cual se solicita la lista de individuos y la matriz de jerarquía entre ellos (sin solicitar el nombre del rol y si son evaluadores no solicita líder).

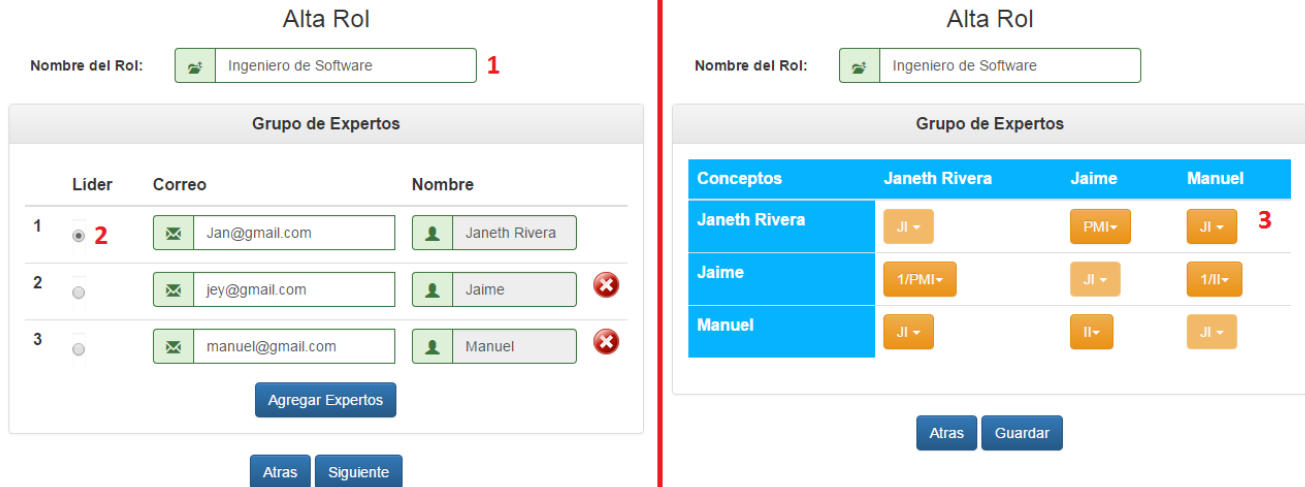


Figura 7 Registro del Rol y equipo de expertos para la definición del perfil de conocimiento del mismo (Administrador de Perfiles).

Definir conocimientos de un rol

El *Líder Experto* de un grupo de trabajo asignado a un rol determina los conocimientos que son parte del perfil de conocimiento del rol al cual fue asignado (véase B en Figura 6 y 1 en Figura 8, Solo sí el usuario es el *Líder Experto*). El *Líder Experto* determina uno por uno los conocimientos que conforman un perfil de conocimiento de un rol organizacional (véase Figura 9).



Figura 8 Perfiles de Conocimiento de los Roles organizacionales (Expertos y Líder Experto).

Definir Conocimientos

Ingeniero de Software

Nombre del Conocimiento








1	 Conceptos y tecnologías orientados a objetos	
2	 Bases de datos	
3	 Lenguajes de prog. específicos	
4	 Diseño de software y patrones	

Figura 9 Registro de conocimientos de un perfil de conocimiento de un rol determinado (Líder Experto).

Definir Niveles de conocimientos y Jerarquías entre conocimientos

Los *Expertos* asignados a un rol (incluido el *Líder Experto*) registran su opinión acerca del nivel de conocimiento necesario para cubrir el rol al cual han sido asignados por medio de las expresiones lingüísticas “Novato”, “Principiante”, “Competente”, “Experto” y “Maestro” (véase 2 en **Figura 8** y **Figura 10**). Además cada uno de los expertos registra su opinión con respecto a las jerarquías entre los conocimientos definidos para el perfil de conocimiento del rol (similar a 3 en **Figura 7**).

Definir Nivel de Conocimientos

Ingeniero de Software

Nombre del Conocimiento








1	Conceptos y tecnologías orientados a objetos	 Competen
2	Bases de datos	 Selecciona No Conoce Novato Principiante Competente Experto Mestro
3	Lenguajes de prog. específicos	 Competen
4	Diseño de software y patrones	 Competen
5	Arquitectura del software	 Competen
6	Pruebas	 Principiant
7	verificación y aseguramiento de la calidad	 Mestro

Figura 10 Determinación de Nivel de Conocimientos de un rol (Expertos).

Definiendo Perfil de Candidato (Evaluación)

Los *Evaluadores* asignados a un perfil de conocimiento registran en el sistema el resultado de evaluar cada uno de los conocimientos de un candidato (véase **Figura 11**). El resultado es registrado de forma lingüística

(conforme a los niveles de conocimiento definidos con anterioridad) o numérica (un decimal entre cero y diez). Los *Evaluadores* registran a los candidatos a roles en el sistema por medio de un formulario sencillo donde se solicita nombre y correo del candidato (véase C en **Figura 6**).

Evaluación de Candidato

Alvaro

Nivel de Conocimientos	
Conocimiento	Nivel
1 Arquitectura del software	7.65
2 Bases de datos	Competente
3 Conceptos y tecnologías orientados a objetos	Evaluación de Conocimiento
4 Confiabilidad de software y tolerancia a fallas	Novato
5 Diseño de algoritmos	Principiante
6 Diseño de software y patrones	Competente
	Experto
	Maestro

Figura 11 Evaluación de Candidatos (Evaluadores).

Detrminando Valoración Candidato-Rol

Los *Valoradores* realizan el proceso de comparación entre los candidatos y los roles registrados en el sistema (véase E en **Figura 6**). Los *Valoradores* son registrados en el sistema por parte del *Administrador de Perfiles* en la opción D que se muestra en la **Figura 6**. El usuario *Valorador* realiza el proceso seleccionando uno o varios candidatos y uno o varios roles, el sistema realiza la valoración comparando las evaluaciones (perfiles de conocimiento) de cada candidato con respecto a cada perfil de conocimiento de rol (véase **Figura 12**). El *Valorador* verifica los detalles de la valoración (véase 1 en **Figura 12**) y verificar la calificación de los conocimientos del candidato con respecto al rol (véase 2 en **Figura 12**).

Valoraciones de Candidatos-Perfiles

Especificación de Valoracion Candidato-Perfil

Valoraciones				
Candidato	Rol	Cumplimiento (Grado)	Calificación (Grado)	Opciones
1 Alvaro	Ingeniero de Software	Alto (71.3)	Calificado (89.2)	Detalles
2 Roberto Gimenez	Ingeniero de Software	Exacto (76.2)	Calificado (92)	Detalles

Valoracion de Conocimientos	
Conocimiento	Calificación
1 Arquitectura del software	2 Calificado (93.8)
2 Bases de datos	Sub-Calificado (56.3)
3 Conceptos y tecnologías orientados a objetos	Calificado (100)
4 Confiabilidad de software y tolerancia a fallas	Calificado (75)
5 Diseño de algoritmos	Sub-Calificado (94.4)
6 Diseño de software y patrones	Calificado (75)

Figura 12 Valoración de Candidatos-Perfiles (Valorador).

El Proceso de Valoración

El sistema realiza de forma semiautomática el proceso de valoración al contar con los datos del perfil de conocimiento del rol (registrado por parte de los expertos) y las evaluaciones que definen el perfil de conocimiento de un candidato (registradas por parte de los evaluadores). En el proceso de valoración el sistema determina un perfil de conocimiento de un rol a partir de las opiniones de los expertos tomando en consideración los pesos de importancia generados a partir de las matrices de jerarquías entre expertos, se comparan las evaluaciones de un candidato que realizaron los evaluadores asignados al rol con la el perfil de

conocimiento del rol, las comparaciones se integran tomando en consideración los pesos de los evaluadores generados a partir de la matriz de jerarquías entre evaluadores, dicha integración da lugar a una lista de calificaciones de los conocimientos del candidato con respecto al rol y finalmente la lista de calificaciones es utilizada para generar el valor de cumplimiento del rol.

Resultados y Discusión

En las organizaciones es necesario determinar que tan bien se puede desempeñar una persona en un rol dentro de la organización con el fin de obtener el mejor aprovechamiento de las personas. Para a esto se llevan a cabo entrevistas, pruebas, prácticas y demás evaluaciones que permiten conocer las habilidades, conocimientos y aptitudes de una persona. También se determina que habilidades, conocimientos y aptitudes son necesarias para el correcto ejercicio de un rol organizacional. Ahora bien, empatar las necesidades de conocimiento de los roles organizacionales con los conocimientos con que una persona cuenta es una tarea compleja. El sistema permite abordar dicho problema para conocer el nivel con el cual el individuo armoniza con el rol evaluado y además el nivel con el cual ejerce, o puede llegar a, un nivel de conocimiento específico para dicho rol.

El sistema puede ser usado para identificar al candidato a un rol al seleccionar personal, analizar a los individuos dentro de la organización para la promoción de puestos o capacitación, valorar sueldos basados en la afinidad del individuo con el puesto, rotar al personal, entre otras. Además da soporte a la generación de indicadores basados en conocimiento, o permite generarlos, para establecer el desempeño general de las organizaciones y así actuar consecuentemente.

Como resultado de este trabajo se logró construir un sistema que permite determinar la valoración de perfiles de conocimientos de candidatos con respecto a los perfiles de conocimientos de los roles (o puestos) de una organización. Se construyó una librería basada en el modelo de lógica difusa para valoración de perfiles de conocimiento de Rosas Daniel y col., [2014]. Además la librería (VDPC) implementa y hace uso de la base para una librería de lógica difusa y sistemas de inferencia difusos (*Fuzzy Inference System, FIS*) en lenguaje PHP que está pensada dar apoyo para la construcción de sistemas web que implementen esta tecnología.

Estado Actual

Aún faltan por realizar pruebas en condiciones de trabajo real y realizar correcciones en el sistema conforme a la experiencia del usuario y validar su viabilidad. Se ha probado la funcionalidad del sistema. No se han implementado prácticas de seguridad para evitar intrusiones.

Conclusiones

De lo anterior podemos destacar el diseño y creación de un sistema que permite la valoración de perfiles de conocimiento de individuos con respecto a perfiles de conocimiento de roles. Por lo cual podemos concluir que es factible responder a las necesidades de la GRH en materia de afinidad de los individuos con los roles requeridos por una organización por medio de las tecnologías de la información y comunicación (TIC's), creando mecanismos para el apoyo a la toma de decisiones y considerando la incertidumbre en la información del candidato.

Este mismo diseño puede ser utilizado como base para otros sistemas de valoración de perfiles de conocimiento de candidatos con respecto a roles, debido a que el diseño como tal pretende ser una guía para la construcción de este tipo de sistemas tomando en consideración el modelo de lógica difusa para validación de perfiles de conocimiento y la definición de perfil de conocimiento [Rosas Daniel y col., 2014; Velazquez Mendoza, 2013].

Trabajo Futuro

Una vez poblada la base de datos, realizar una búsqueda de factores comunes entre los roles de distintas organizaciones (roles comunes, características generales de un rol, entre otros) para determinar perfiles de conocimientos genéricos que puedan ser utilizados por organizaciones que van iniciando en el mercado (como

las PyME's). También hace falta verificar la compatibilidad del sistema con los mecanismos de extracción de conocimiento y determinación de perfiles propuestos en [Velazquez Mendoza, 2013].

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la Coordinación Nacional de Becas de Educación Superior (CNBES) por medio del Sistema de Único de Beneficiarios de Educación Superior (SUBES) con número de beca 744689, y por el Tecnológico Nacional de México, mediante el proyecto número 5335.14.15-PR.

Referencias

- Canals, A. (2003). La Gestión del Conocimiento. In UOC (Ed.), *Acto de Presentación del libro Gestión del Conocimiento*. (pp. 1–8). Barcelona Retrieved from <http://www.uoc.edu/dt/20251/index.html>
- Dalkir, K. (2011). *Knowledge Management in Theory and Practice Second Edition*. The MIT Press ©2011
- DNegri, C. E. and De Vito, E. L. (2006). Introducción al razonamiento aproximado: Lógica Difusa. *Revista Argentina de Medicina Respiratoria*. (14), 126–136. Retrieved from http://www.ramr.org.ar/archivos/numero/ano_6_3_dic_2006/mere3_6.pdf
- García, R. E.; Benjamín, G. F.; and Pérez, R. B. (2014). Evaluación del impacto de la capacitación con lógica difusa. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*. (22), 41–52. <http://doi.org/10.4067/S0718-33052014000100005>
- Güngör, Z.; Serhadloğlu, G.; and Kesen, S. E. (2009). A fuzzy AHP approach to personnel selection problem. *Applied Soft Computing*. (9), 641–646. <http://doi.org/10.1016/j.asoc.2008.09.003>
- Ivancevich, J. M. (2005). *Administración de Recursos Humanos*. (Novena). Distrito Federal, México: McGraw Hill
- Kelemenis, A.; Ergazakis, K.; and Askounis, D. (2011). Support managers' selection using an extension of fuzzy TOPSIS. *Expert Systems with Applications*. (38), 2774–2782. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.08.068>
- Morillas Raya, A. (2006). *Introducción al análisis de datos difusos. Curso de doctorado en economía cuantitativa. Departamento de Estadística y Econometría. Universidad de Malaga*. Retrieved from <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>
- Mousavizadeh, M.; Harden, G.; Ryan, S.; and Windsor, J. (2015). Knowledge Management and the Creation of Business Value. *Journal of Computer Information Systems*. (55), 35–45.
- Rao, M. (2005). *Knowledge Management Tools and Techniques: practitioners and experts evaluate*. Elsevier
- Rosas Daniel, J. A.; Rodríguez Elias, O. M.; Velazquez-Mendoza, M. de J.; and Rose Gómez, C. E. (2014). Construcción de un modelo de lógica difusa para validación de perfiles de conocimiento de personal. In *4to. Simposio sobre Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, AVIIES 2014*. (pp. 170–181)
- Runar Edvardsson, I. (2008). HRM and knowledge management. *Employee Relations*. (30), 553–561. <http://doi.org/10.1108/01425450810888303>
- Velazquez Mendoza, M. de J. (2013). *Construcción de un modelo para el diseño de perfiles de conocimiento*. Instituto Tecnológico de Hermosillo Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Agradecimientos#4>
- Zarzu, C.-L. and Scarlat, C. (2015). Knowledge Management for Knowledge Development: Lessons Learnt While Implementing International Projects by Multicultural Teams. *International Journal of Management Cases*. (17), 221–231.

Pruebas de Regresión Funcional Mediante el Uso de Patrones de Diseño.

Dávila-Nicanor Leticia¹, Omar Marín Guerrero¹, Irene Aguilar Juárez², Joel Ayala de la Vega²
¹ Centro Universitario UAEM Valle de México, Blvd. Universitario Predio San Javier s/n, Atizapán de Zaragoza, C.P. 01219, Estado de México, México
² Centro Universitario UAEM Texcoco, Av. Jardín Zumpango s/n, Fracc. El Tejocote, Texcoco Estado de México, México
ldavilan@uaemex.mx, iaguilarj@uaemex.mx, jayalad@uaemex.mx
Área de participación: Ingeniería de Software

Resumen

En el desarrollo de los sistemas de software, la funcionalidad es la base para su especificación, diseño, mantenimiento y evolución. Cuando el sistema no cumple con la especificación de requerimientos o los requerimientos cambian por diversas causas, como nuevas metas de negocio, nuevas tecnologías o paradigmas de programación emergentes, mencionando algunas, se experimentan pérdidas con altos costos en la producción de software. El principal objetivo de la fase de pruebas es verificar la funcionalidad del sistema para obtener un mejor producto de software.

Los escenarios basados en regresión funcional tienen el objetivo de establecer en términos de Trazabilidad, la evaluación de la relación de los requerimientos funcionales con los componentes en la arquitectura del software. Este enfoque es muy costoso, en la actualidad pocos trabajos lo automatizan. En la presente propuesta se automatiza la generación de casos de prueba mediante la combinación de la matriz de trazabilidad de pruebas y el uso de los patrones de diseño para generar casos de pruebas de una forma dinámica, eficiente y confiable.

Palabras clave: Regresión funcional, Trazabilidad, Patrones de diseño

Abstract

In the development of software systems, the functionality is the basis for specification, design, maintenance and evolution phase. When the system does not meet the requirements specification or requirements change for various reasons, such as new business goals, new technologies and emerging paradigms of programming, among others, losses are experienced with high costs in the software production. The goal of the testing phase is verify the functionality of the system in order to have a better system.

The scenarios based on functional regression aim to establish traceability in terms of the evaluation of the functional requirements with the components in the software architecture. This approach is very expensive, currently few jobs as automated. In this proposal the generation of test cases is automated by combining traceability matrix testing and the use of design patterns to generate test cases a dynamic, efficient and reliable manner.

Introducción.

Los sistemas de software están expuestos a cambios importantes durante su desarrollo, mantenimiento y evolución. Estas situaciones afectan la funcionalidad del sistema y la calidad que debe poseer en un ámbito productivo. El problema central de tener cambios de funcionalidad es que impactan de forma directa en la arquitectura del software y en su diseño. En el planteamiento del propósito del desarrollo de un sistema de software, se establecen los requerimientos funcionales y

no funcionales. En relación de los requerimientos funcionales es que se diseñan la arquitectura y los componentes del sistema de software. Cuando un sistema está en mantenimiento e incluso en evolución, tener clara la relación de los requerimientos con el diseño del sistema es central, porque es la base para extender o actualizar las funciones del sistema. Sin embargo es hasta la fase de pruebas cuando se evalúa la funcionalidad de un sistema.

En el presente trabajo se propone un novedoso esquema para automatizar la creación de casos de prueba tomando en cuenta la técnica de escenarios basados en regresión funcional. En base de los elementos estáticos de la matriz de trazabilidad de pruebas, se abstrae la funcionalidad de la aplicación mediante los patrones de diseño. Este enfoque permite construir estos casos en un contexto dinámico.

El desarrollo del artículo es de la siguiente forma, en la sección II es abordado el marco teórico y el trabajo relacionado. En el desarrollo de la sección III se describe el funcionamiento del sistema para la generación dinámica de casos de pruebas funcionales. En la sección IV se presenta la arquitectura y la forma en la que intervienen los patrones de diseño. Finalmente en la sección V, las conclusiones y el trabajo a futuro son descritos.

Marco teórico y trabajo relacionado.

El Instituto de Ingeniería de Software de la Universidad de Carnegie Mellon es uno de los principales órganos reguladores de los estándares y enfoques de la Ingeniería de Software a nivel internacional, en su *manual de medición de software* (Park, 1996) se marca con claridad que la mayoría de los fallos proviene de las primeras fases del proceso de desarrollo. La Figura 1 muestra valores que son indicadores en la relación de los problemas de origen y las fases del proceso de desarrollo de software. Es posible observar como un tratamiento inadecuado de los requerimientos afecta de forma directa al diseño, la codificación y en las pruebas; la formulación inadecuada de casos de prueba. En la fase productiva, cuando el sistema esta en *uso productivo*, se observa que problemáticas importante son la documentación del sistema, la inconsistencia del diseño y la codificación en relación con la funcionalidad del sistema. Cuando se realizan las pruebas de software, si los casos son insuficientes o tienen un alcance inadecuado, todo el proceso de pruebas se afecta negativamente y no se localizan la mayoría de los fallos potenciales. Con este enfoque, la Figura 2 establece las distribuciones del origen de los fallos en las primeras fases del proceso de desarrollo de software y su afección en porcentajes en las siguientes fases. Se puede observar en esta figura, que es muy costoso eliminar los fallos en fases finales. En este caso los valores se estiman en miles de marcos alemanes (KDM).

Trazabilidad de Requerimientos (Traceability).

La Trazabilidad es la propiedad directamente relacionada con la Funcionalidad del sistema y el diseño. Es aquella propiedad que permite enlazar las especificaciones de los requerimientos en relación con la arquitectura y la implementación del sistema. De acuerdo al *diccionario de estándares de métricas para producir software confiable* (IEEE Std. 830,1988), la Trazabilidad de los Requerimientos es una medida que ayuda a identificar los requerimientos tratados de forma inadecuada en relación de los requerimientos de origen. De acuerdo a la expresión 1, sus primitivas son:

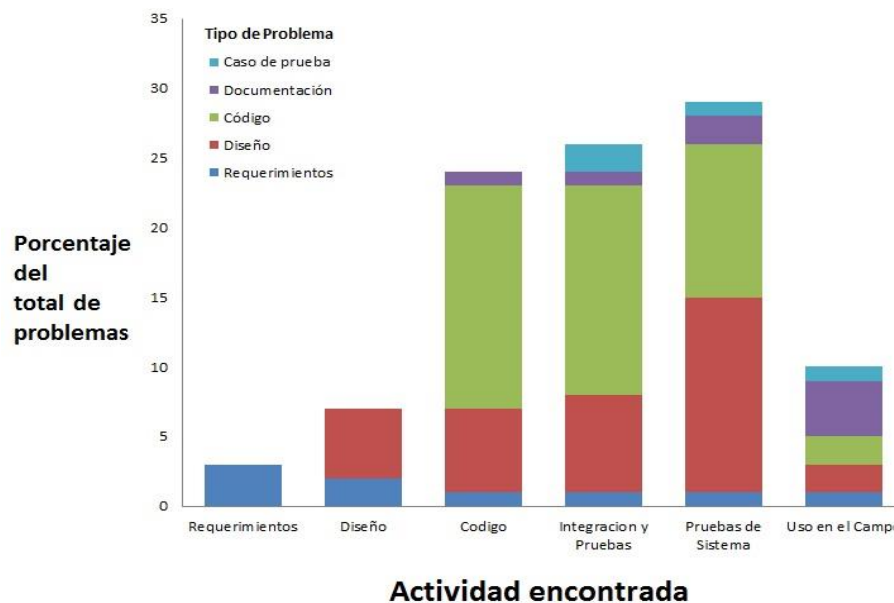
$$M = R1/R2 * 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

M = Medida de trazabilidad.

R1 = Número de veces que requerimientos se proyecta en la arquitectura.

R2 = Número de veces que los requerimientos originales se proyectan en la arquitectura.

Para obtener la medida de trazabilidad, se obtiene un conjunto de mapeos de los requerimientos en la arquitectura de software en relación con los requerimientos originales. En este caso es la relación del número de cada requerimiento encontrado (R1) en contraste con el conteo de requerimientos originales proyectados en la arquitectura.



Actividad encontrada
Figura 1. Relación de los Problemas de origen y las fases del Proceso de Desarrollo de Software

En el análisis de Trazabilidad de requerimientos, los modelos existentes tienden a enfocarse en dos aspectos, uno es en la relación entre el código fuente a nivel de programa y el otro es a nivel de proceso tomando en cuenta productos o documentos.

Construcción de escenarios de pruebas de funcionalidad

Formular escenarios de prueba no es sencillo, muchas técnicas se han utilizado en el desarrollo de casos de prueba mediante regresión funcional. Yau y Kishimoto (1987) presentan una técnica basada en el particionamiento de datos de entrada, teniendo como salida grafos causa-efecto. Posteriormente (Chen, 1996) genera un estudio basado en la técnica de particionamiento recursivo para el mantenimiento y entendimiento de programas en lenguaje C++ mediante el paso de mensajes, clases y declaración de dependencias. Un conjunto considerable de las investigaciones se enfocan en técnicas que apoyan la formulación de casos de prueba basados en regresión. En este caso una de las técnicas más utilizadas es la de particionamiento recursivo del código (Huang, 1996) y (Joiner, 1993), otro enfoque es mediante grafos de dependencia (Bates, 1993), (Han, 1997) y el análisis de flujo de control de datos (Agrawal, 1993). El trabajo (Tsai, 2001), se enfoca la trazabilidad como *escenarios basados en regresión funcional*, en este caso el método utilizado es el *fin a fin* (end-to-end E2E), en el cuál la trazabilidad de sistemas de gran escala se proyecta en base de las vistas de los usuarios del sistema. Es un interesante trabajo que se ha convertido en ícono de otros importantes trabajos.

En el trabajo (Kong, 2005) se presentan procesos para estimar la Trazabilidad de requerimientos para sistemas en Web. En este caso la base de estos sistemas es el Framework para Arquitecturas de Aplicaciones Web (*Web Application Architecture Framework*). El modelo que se propone tiene dos aspectos: la perspectiva y su costo. En este caso cada perspectiva se proyecta en términos de estructura, ambiente y localidad. La trazabilidad es modelada entre las abstracciones, la estructura del sistema, el ambiente y la localidad desde el punto de vista de los perfiles de usuario. En cada perspectiva se establecen posibilidades de uso en relación con los patrones de diseño. Aunque el

Framework jamás implementa algún de los patrones que se sugieren en el trabajo, es un estudio interesante que permite establecer la relación de elementos estáticos mediante el análisis de casos de prueba, tomando en cuenta los perfiles operacionales, funcionalidad y el ambiente de operación.

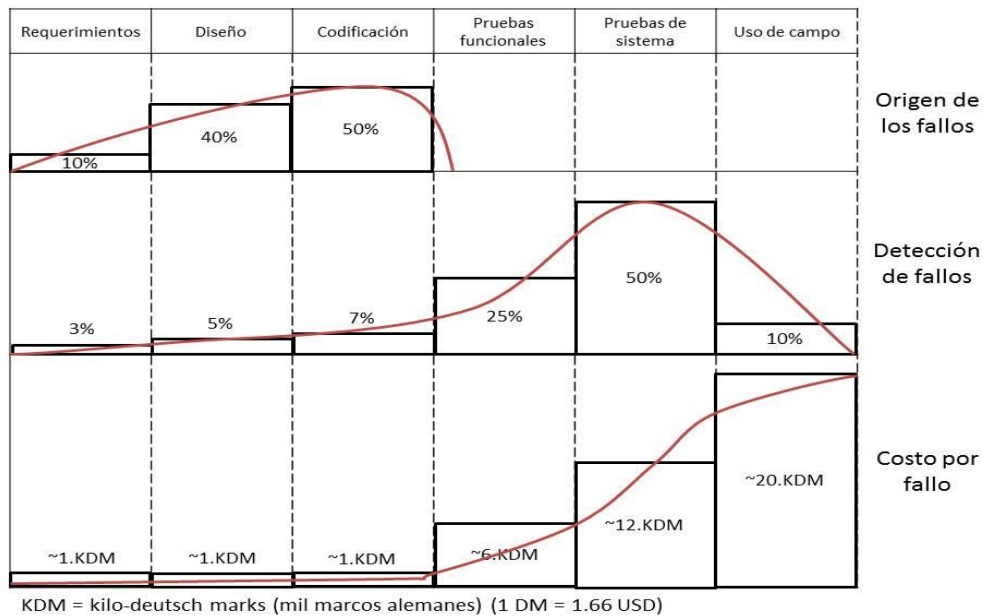


Figura 2. Distribución de origen, detección y coste de los fallos en el proceso de desarrollo.

Uso de patrones de diseño en la construcción de pruebas

Los patrones de diseño como lo describe Erick Gamma (1995), abstraen y resuelven problemáticas que se repiten de forma cotidiana en el diseño de los sistemas de software. Los patrones de diseño han llegado a ser muy populares porque además de su efectividad en el momento de la implementación fomentan el reuso de conceptos de diseño.

En la etapa del diseño de software se da la solución a la especificación de requerimientos, con este enfoque es que el trabajo (Fletcher, 2006), tiene un enfoque interesante para realizar la relación de la funcionalidad de un sistema de software con los patrones de diseño que mejor se adecuan al diseño arquitectónico que soluciona la funcionalidad establecida en la especificación de los requerimientos. El artículo es sin duda muy interesante porque muestra durante su desarrollo la importancia y la relación de los elementos de funcionalidad con el diseño y su aplicación con los patrones de diseño. Después de analizar estos trabajos es posible observar como algunos autores establecen estudios en los que la propiedad de trazabilidad es modelada mediante los patrones de diseño para representar la funcionalidad de un sistema en particular.

En este trabajo se vislumbra un uso más general de los patrones de diseño; son el medio para generar los casos de prueba de forma dinámica. La importancia de este esquema radica en que su implementación optimiza los recursos de memoria y tiempo que se requieren para construir dichos casos que son centrales en la ejecución de las pruebas. Otro beneficio es que toda la cobertura de pruebas del sistema se fabrica y especializa a tiempo de ejecución.

Herramienta para la Generación Dinámica de Casos de Pruebas Funcionales (Test-Case-Dinamical Tool)

Arquitectura propuesta

En el presente trabajo se propone la arquitectura de una herramienta para la generación dinámica de casos de pruebas de funcionalidad en sistemas de software. La evaluación de los sistemas de software es un proceso costoso, pero en la actualidad a ese costo también hay que incluir que las técnicas tradicionales de evaluación no son suficientes, en particular las tecnologías emergentes complican y extienden el proceso de evaluación de un sistema, por ejemplo en las aplicaciones Web, su naturaleza integra elementos diversos en su infraestructura y arquitectura, lo que complica el proceso de evaluación de funcionalidad.

La presente propuesta se basa en la planeación de pruebas y en la generación de casos de prueba mediante escenarios de regresión funcional. En la Figura 3 se puede apreciar la arquitectura de la *Herramienta para la generación dinámica de casos de pruebas funcionales (Test-Case-Dinamical Tool TCDT por sus siglas en inglés)*. La TCDT tiene como base la matriz de trazabilidad de pruebas, que contiene la información de funcionalidad de forma estática, que es la fuente para la generación dinámica de los casos de prueba mediante el uso de los patrones de diseño.

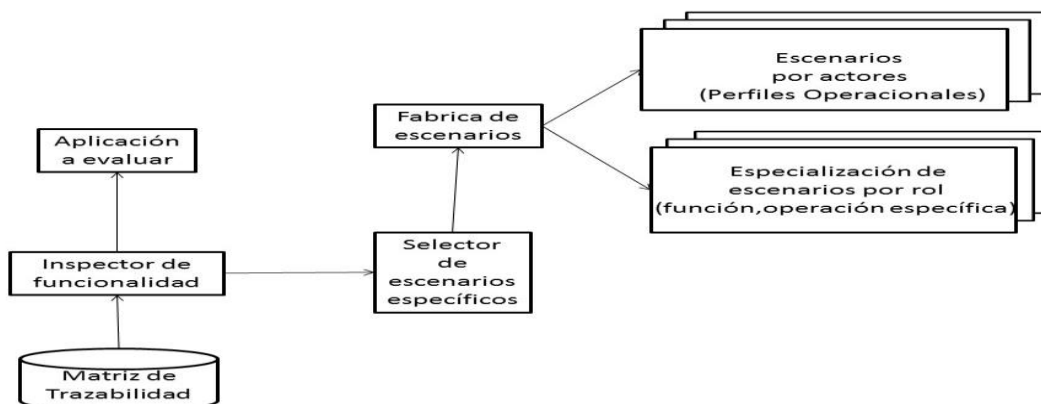


Figura 3: Arquitectura de la Herramienta para la Generación Dinámica de Casos de Prueba funcionales (Test-Case-Dinamical Tool TCDT)

En el primer módulo *aplicación a evaluar*, las características de la aplicación de software, así como el propósito, el lenguaje, los sistemas con que se relaciona y el proceso que apoya en el modelo de negocio son los elementos centrales. El *inspector de funcionalidad* tiene implícita la *matriz de trazabilidad*, en ella se encuentran elementos de trazabilidad; perfiles operacionales, los requerimientos funcionales, las operaciones, los componentes y rutas en la arquitectura que resuelven la funcionalidad de estas operaciones. El *selector de escenarios*, toma elementos del caso de prueba que se pretende fabricar como son: el perfil operacional, las operaciones y los componentes en la arquitectura del sistema en relación con la operación, esta información se envía a la fábrica de escenarios como argumentos. La *fábrica de escenarios* toma los argumentos enviados por el selector escenarios y los transforma en productos específicos mediante el patrón de diseño Abstract Factory. El patrón Builder interviene en la especialización del escenario, es decir se toma en cuenta el actor (perfil operacional) y su rol (funcionalidad) para establecer las operaciones que se van a ejecutar.

En la Figura 4 se muestra mediante el diagrama de clases la interacción del sistema con la fábrica abstracta. El selector de escenarios envía los parámetros con los que se generan instancias de los casos de prueba en específico. Para generar cada caso de prueba, el selector envía el perfil operacional y la funcionalidad relacionada a la fábrica. La fábrica genera escenarios (productos) relacionado con los parámetros de funcionalidad que especializa a cada caso de prueba. Este

enfoque automatiza y optimiza los recursos del proceso de evaluación, porque aunque existe una gama muy amplia de casos de prueba sólo se van construyendo los que son ejecutados durante la evaluación.

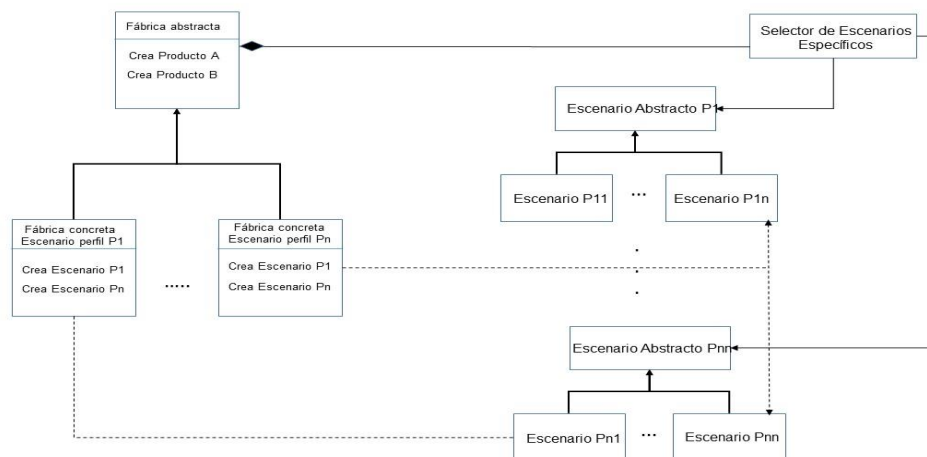


Figura 4. Fabrica abstracta de la Case-Test-Dinamical-Tool

El patrón de diseño Builder hace la especialización en relación a cada una de las operaciones que el sistema debe de cubrir tomando en cuenta los perfiles operacionales asociados. El diagrama de clases se presenta en la Figura 5.

Análisis de resultados.

En el primer prototipo (Dávila-Nicanor, 2005), la elaboración de los casos de prueba era prácticamente manual. De acuerdo al análisis de la trazabilidad, se diseñaban y codificaban todos los casos dentro de la herramienta. En la ejecución de las pruebas, la cobertura estaba limitada por los casos ya programados. Con el actual enfoque, la generación de los casos de prueba tiene nuevos alcances, se generan de forma dinámica de acuerdo a la información de la matriz de trazabilidad de pruebas. Una ventaja muy importante, es que la matriz tiene la posibilidad de actualizarse y extenderse. Este enfoque mejora el uso de la herramienta desde cualquier perspectiva. En la evolución de los requerimientos del software, la funcionalidad puede variar de acuerdo al contexto actual de operación del sistema, para generar nuevo casos de prueba sólo es necesario actualizar la matriz de trazabilidad de pruebas (en la Figura 6 se muestra la interfaz principal del sistema para hacer la actualización de la información). El uso de los patrones de diseño Abstract Factory y Builder permiten construir los casos de prueba a tiempo de ejecución de una forma eficiente. Como efecto colateral se optimizaron el tiempo y los recursos de cómputo utilizados en este proceso.

Trabajo a Futuro.

Este trabajo es parte de un *Framework de Evaluación de Confiabilidad* que se ha realizado en Lenguaje Java para sistemas en Internet (Dávila-Nicanor, 2005). El trabajo inmediato es la integración de este estudio con el subsistema *ejecutor de pruebas* para el contexto dinámico. El *ejecutor de pruebas* se ha limitado en versiones anteriores, porque en la formulación de los casos de pruebas fue estática. Con el actual enfoque la construcción es dinámica y se formulan a tiempo de ejecución aquellos casos que realmente se ocupan.

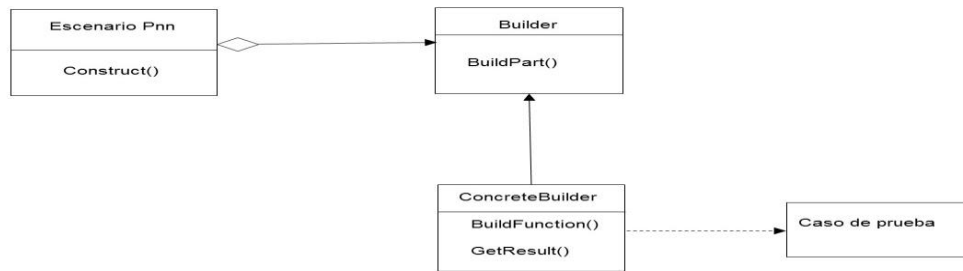


Figura 5. Especialización de Funcionalidad de acuerdo a patrón de diseño Builder.

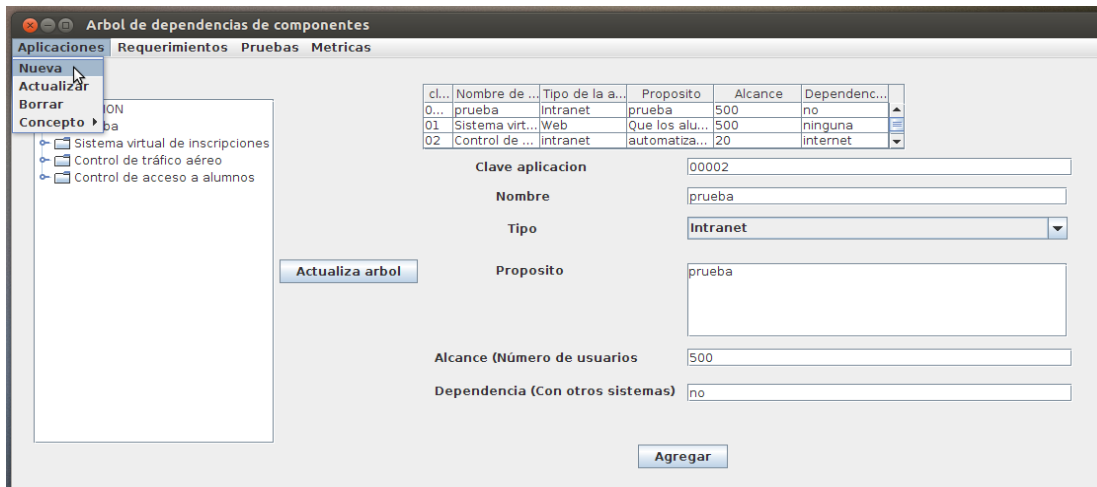


Figura 6. Interfaz de la TCDT para la actualización de información en la matriz de trazabilidad.

Conclusiones.

La evaluación de la funcionalidad de los sistemas de software se basa en la elaboración de casos de prueba mediante escenarios de regresión funcional. Los elementos que intervienen en esta técnica se encuentran en la matriz de trazabilidad de pruebas. Esta matriz es la base que concentra la funcionalidad del sistema, contiene una visión estática del proceso de evaluación. La elaboración de pruebas dinámicas con este enfoque es muy costosa y existen pocos trabajos al respecto. En esta propuesta los elementos de la matriz de trazabilidad de pruebas son la base para generar un conjunto de escenarios dinámicos que son los productos de los patrones de diseño Abstract Factory y Builder. Los patrones mencionados fabrican los escenarios y especializan su funcionalidad en cada caso, tomando en cuenta los perfiles operacionales (actores) y sus funciones (roles). Los resultados del estudio han demostrado que el enfoque es eficiente y confiable en un contexto de ejecución real, optimiza y reduce los recursos empleados en el proceso de pruebas del sistema de software evaluado. Otra ventaja es que si el sistema experimenta cambios en relación con la funcionalidad y se afecta su arquitectura de software, la matriz de trazabilidad puede extenderse y actualizarse desde simples interfaces de usuario, teniendo como resultado la construcción automática de nuevos casos de prueba.

Agradecimientos

Mediante el presente se extienden agradecimientos al Dr. Héctor Rafael Orozco Aguirre, por brindarle su opinión como experto al alumno de licenciatura Omar Marín Guerrero en el diseño del modelo entidad-relación de la base de datos.

Referencias:

1. Agrawal, H. Horgan, J. R. and Krauser, E.W. (1993). Incremental Regression Testing. Proceedings of the Conference on Software Maintenance pp. 348-357.
2. Bates, S. and Mansour, N. (1993). Incremental Program Testing Using Program Dependency Graphs. Proc 20th ACM Symp. Of Principles of Programming Languages pp. 384-396.
3. Chen, X. Tsai, W.T. Huang, H. Poonalawa, M. Rayardugan, S. and Wang, Y. (1996). Omega – An Integrated Environment for C++ Program Maintenance. Proceedings Int Conf. Software Maintenance pp.114-123
4. Dávila-Nicanor, L. and Mejía-Alvarez, P. (2005). Reliability Evaluation of Web-Based Software Applications. ENC 2005 pp. 106-112
5. Fletcher, J. and Cleland-Huang, J. (2006). Softgoal Traceability Patterns. 17th International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE'06) IEEE. ISSN:1071-9458 pp. 363-374, Raleigh N.C.
6. Gamma, E. Helm, R. Johnson, R. and Vlissides, J. (2005). Design Patterns. Elements of Reusable Object-Oriented Software. AddisonWesley. Traducción al castellano (2002): Diseño de patrones. Pearson Educación
7. Han, J. (1997). Supporting Impact Analysis and Change Propagation in Software Engineering Environments. In Proceedings of 8th International Workshop on Software Technology and Engineering Practice pp. 32-41.
8. Huang, H. Tsai, W.T. and Subramanian, S. (1996). Generalized Program Slicing for Software Maintenance. Proceedings of International Conference on software and knowledge engineering pp. 261-268.
9. Joiner, J. K. and Tsai, W. T. (1993). Ripple Effect Analysis, Program Slicing and Dependency Analysis. TR-98-84, Computer Science Department, University of Minnesota.
10. Kong, X. Liu, L. and Lowe, D. (2005). Web system trace model using a Web application architecture framework, e-Technology, e-Commerce and e-Service. Proceedings. The 2005 IEEE International Conference on, ISBN: 0-7695-2274-2, DOI: 10.1109/EEE.2005.146, IEEE Editorial.
11. Park, R. E. Wolfhart, B. Goethert, William, A. and Florac, B. (1996). Goal-Driven Software Measurement - A Guidebook. Pittsburg, USA: Software Engineering Institute Carnegie Mellon University.
12. IEEE Std. 830, (1988). Sponsor Software Engineering Standards Subcommittee of the Technical Committee on Software Engineering of the IEEE Computer Society, Copyright 1989 by The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc 345 East 47th Street, New York, NY 10017-2394, USA, ISBN 0-7381-0397, SS12542
13. Tsai, W. T. Bai, X. Paul, and R.-Yu, L. (2001). Scenario-Based Functional Regression Testing. Proceeding COMPSAC '01 Proceedings of the 25th International Computer Software and Applications Conference on Invigorating Software Development, ISBN:0-7695-1372-7
14. Yau, S.S. and Kishimoto, L. (1987). A Method for Revalidation Modified Program in the Maintenance Phase, Proceedings of IEEE COMPSAC pp. 271-277

MAPIC 1.0.0, un lenguaje específico de dominio para el microcontrolador PIC16F887.

A.Baéz Domínguez¹, C.Vásquez Gómez¹, P.Quitl González^{2*}, C.Nava Arteaga², M.A.Herrera Hernández³
¹ Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico de Orizaba. Av. Ote 9 No.852, Orizaba, Ver., México.

² Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Orizaba. Av. Ote 9 No.852, Orizaba, Ver., México.

³ Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Orizaba. Av. Ote 9 No. 852, Orizaba, Ver., México.

* pquitl@yahoo.com.mx

Área de participación: Sistemas Computacionales

Resumen

Los lenguajes específicos de dominio (**DSL**) son un conjunto de símbolos, palabras reservadas regido por reglas gramaticales, que permiten solucionar un problemática en particular como la que se presenta en éste artículo pues para programar el microcontrolador **PIC16F887** se requiere un nivel de abstracción de su arquitectura para generar instrucciones, por ello se diseñó e implementó un lenguaje específico de dominio que brinde un nivel de abstracción más alto para programar éste microcontrolador mediante un compilador cruzado, además se implementó un ambiente de desarrollo integrado (**IDE**) para facilitar el uso del lenguaje denominado **MAPIC**.

Palabras clave: lenguaje específico de dominio (DSL), microcontrolador, PIC16F887, compilador cruzado, metacompiladores, ambiente de desarrollo integrado.

Abstract

The domain-specific languages (**DSL**) is a set of symbols, reserved words governed by grammatical rules, which allow to solve a particular problem as the one presented in this article as to program the microcontroller **PIC16F887** a level of abstraction required its architecture to generate instructions, why it was designed and implemented a domain-specific language that provides a level of higher abstraction to program this microcontroller via a cross compiler, also an integrated development environment (**IDE**) was implemented to facilitate the use of language called **MAPIC**.

Introducción

En la actualidad, el incremento competitivo en el mercado tecnológico, crea la necesidad de diseñar sistemas con mejores características, de menor tamaño, bajos requerimientos de energía, mejor desempeño, teniendo un especial énfasis sobre todo en la facilidad de duplicidad del sistema diseñado. La lógica definida por el usuario, y realizada por el fabricante, permite individualizar a los sistemas diseñados, así como también apegarse más a los requerimientos específicos del usuario. Esto, tiene repercusión en el costo, compactibilidad, desempeño y seguridad del diseño.

Desde luego, la programación de microcontroladores permite diseñar e implementar interfaces hombre-máquina y máquina-máquina para la automatización de sistemas así como integrar soluciones computacionales a través de diferentes tecnologías, plataformas o dispositivos (ISIC-2010-224).

En este sentido, la automatización de sistemas permite optimizar muchos de los procesos que se desarrollan a nivel industrial y de servicios, tal automatización se logra a través de los microcontroladores, las aplicaciones de estos circuitos dependen de su arquitectura, de las herramientas tecnológicas y del conocimiento para así mismo aplicarlas en un proceso determinado.

Entre las aplicaciones más destacadas se pueden mencionar las operaciones a nivel industrial, el hecho de que una máquina pueda "autoajustarse o auto-diagnosticarse" fortalece los aspectos de mejora en la producción, optimización de tiempo, abatimiento de costos, etc. Otras aplicaciones importantes de los microcontroladores están orientadas al procesamiento de señales el cual es importante en el área de telecomunicaciones, conversión de datos en formato serial asíncrono, modulación de señales por ancho de pulso (**PWM**), sistemas de alarmas, juegos de luces, control de motores DC/AC; entre otros. Estos dispositivos se pueden utilizar en todo sistema que requiera controlar uno o más procesos que previamente hayan sido programados para tal fin sin que puedan realizar una tarea diferente para la que fueron programados.

Un microcontrolador (abreviado μC , UC o MCU) es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria, está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica, incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida.

Algunos microcontroladores pueden utilizar palabras de cuatro bits y funcionan a velocidad de reloj con frecuencias tan bajas como 4 kHz, con un consumo de baja potencia (mW o *microvatios*). Por lo general, tienen la capacidad de mantenerse a la espera de un evento como pulsar un botón o de otra interrupción; así, el consumo de energía durante el estado de reposo puede ser sólo de *nanovatios*, lo que hace que muchos de ellos sean muy adecuados para aplicaciones con batería de larga duración.

Los microcontroladores de fábrica no contienen datos en la memoria **ROM**, para que pueda controlar algún proceso es necesario generar o crear algún **programa** y luego grabarlo en la **EEPROM**, el **programa** puede ser escrito **en lenguaje ensamblador** u otro lenguaje para microcontroladores, por ejemplo lenguaje **C**; sin embargo, para que el programa pueda ser grabado en la memoria del microcontrolador, debe ser codificado en sistema numérico hexadecimal que es finalmente el sistema que hace trabajar al microcontrolador cuando éste es alimentado con el voltaje adecuado y asociado a dispositivos analógicos y discretos para su funcionamiento. Existen en el mercado diferentes empresas que distribuyen microcontroladores como lo son: *Atmel*, *Freescale*, *Intel*, *Microchip*, *Texas instruments*, etc. cada uno con ventajas y desventajas.

Este proyecto se fundamenta en el microcontrolador **PIC16F887**, el cual dispone de todos los componentes que tienen la mayoría de los microcontroladores modernos. Por su bajo precio, un rango amplio de aplicaciones, alta calidad y disponibilidad, es una solución perfecta aplicarlo para controlar diferentes procesos en la industria, en dispositivos de control de máquinas, para medir variables de procesos etc.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores se diseñó un lenguaje específico de dominio (**DSL**) denominado **MAPIC**, así como su **IDE** que permita a los usuarios crear programas con un nivel de abstracción más alto a su código nativo.

Metodología

Para implementar el **DSL** se diseñó el lenguaje, así como se desarrolló: el analizador léxico, analizador sintáctico, analizador semántico, rutinas de manejo de errores y la construcción e implementación del **IDE**.

Análisis Léxico

En ésta fase se aplicó el lenguaje formal de definición **expresiones regulares** implementándolo con ayuda de la herramienta JFlex (Fast Lexical Analyser Generator) de la universidad de Princeton, la figura 1 ejemplifica ésta fase.

```
VARIABLE=[A-Za-z_][A-Za-z_0-9]*
%%
"ENTRADA"          { return symbol(sym.ENTRADA); }
"SALIDA"           { return symbol(sym.SALIDA); }
"RETARDO"          { return symbol(sym.RETARDO,
new String("\n\n\tvoid retardo(unsigned int i){for(;i>0;i--);} \n\n")); }
"CICLO"            { return symbol(sym.CICLO,new String("\n\n\tvoid loop(){\n\t\twhile(1){\n\n")); }
"FCICLO"           { return symbol(sym.FCICLO,new String("\t\t\n\n\t")); }
"VOID"             { return symbol(sym.VOID,new String("\tvoid ")); }
"TOGGLE"          { return symbol(sym.TOGGLE,new String("!")); }
"("                { return symbol(sym.LPAREN); }
")"                { return symbol(sym.RPAREN); }
"{"                { return symbol(sym.LLAVE); }
"}"                { return symbol(sym.RLLAVE); }
";"                { return symbol(sym.PCOMA); }
"+"                { return symbol(sym.MAS); }
"- "               { return symbol(sym.MENOS); }
">"                { return symbol(sym.MAYOR); }
"<"                { return symbol(sym.MENOR); }
"="                { return symbol(sym.IGUAL); }
"=="              { return symbol(sym.IGUAL2); }
{VARIABLE}         { return symbol(sym.ID, new String(yytext())); }
[:digit:]+         { return symbol(sym.NUMERO, new Integer(yytext())); }
[ \t\r\n]+         { }
.                  { System.out.println("Error léxico."+yytext()); }
```

Figura 1 Elementos léxicos de **MAPIC** en JFlex.

Las palabras clave que conforman a **MAPIC** permiten generar un código fuente más simple y entendible para los usuarios del **PIC16F887**, así como usar un número reducido de instrucciones en comparación con el lenguaje nativo del microcontrolador.

Análisis Sintáctico y Análisis Semántico

Para ésta etapa se aplicó el lenguaje de definición **BNF** (Backus Norm Form) mediante el generador de analizadores **LARL CUP v0.10j** del Instituto Tecnológico de Georgia, mientras que para el análisis semántico se agregó código **java** embebido a las reglas **BNF** apoyadas de tablas de símbolos mediante una estructura **LIFO** que permite llevar el seguimiento semántico, la figura 2 muestra un ejemplo de la actividad.

```

io::=ENTRADA { : RESULT="1;\n"; : } |SALIDA:salida { : RESULT="0;\n"; : } ;
ciclo::= CICLO:ciclo instrucciones FCICLO:fciclo
      { :miCodigo=miCodigo+ciclo+auxiliar+fciclo;
        auxiliar=""; : };
main::= MAIN:main instrucciones FMAIN:fmain
      { : miCodigo=miCodigo+main+auxiliar+fmain;   auxiliar=""; : };
metodo::=VOID:v ID:i LPAREN RPAREN LLLAVE instrucciones RLLAVE
      { : Simbolo s;   if ((s = tabla.buscar(i)) == null)   s = tabla.insertar(i,auxiliar);
        else s.setValor(auxiliar);
          codigo=v+i+"()\n\t"+"auxiliar+"\n\t";
          losMetodos=losMetodos+codigo;
          auxiliar="";
        : }
      |metodo VOID:v ID:m LPAREN RPAREN LLLAVE instrucciones RLLAVE
      { :Simbolo s; if ((s = tabla.buscar(m)) == null)   s = tabla.insertar(m,auxiliar);
        else   s.setValor(auxiliar);
          codigo=v+m+"()\n\t"+"auxiliar+"\n\t"\n\n";
          losMetodos=losMetodos+codigo;
          auxiliar="";
        : }
;

```

Figura 2 Reglas gramaticales de **MAPIC** en **CUP** y código **java** embebido para análisis semántico.

Manejo de errores

En este proceso se desarrolló código en el lenguaje **java** que permite relacionarse con las clases generadas mediante la dos herramientas mencionadas con anterioridad, en ésta etapa se detectaron errores sintácticos. Los errores sintácticos se analizaron y documentaron apoyándose de la máquina de estados generada por **CUP**. La figura 3 muestra el manejo de errores.

```

1 |import java_cup.runtime.*;
2 |public class ManejoDeErrores{
3 |
4 |    public String Errores(int tipo){
5 |        String men=" ";
6 |        switch (tipo){
7 |
8 |            case 0:men = "E=0 No hay nada que analizar";break;
9 |            case 1:men = "E=1 Algo salió mal verifica el inicio del programa";break;
10 |           case 2:men = "E=2 Verifica el método SETUP";break;
11 |           case 3:men = "E=3 Falta una llave que abre { en la frecuencia del oscilador";break;
12 |           case 4:men = "E=4 Verifica el método SETUP, que este presente en el programa";break;
13 |           case 5:men = "E=5 Error verifica el metodo SETUP";break;
14 |           case 6:men = "E=6 Verifica el RETARDO y el método CICLO.";break;
15 |           case 7:men = "E=7 Error En el metodo MAIN falta una llave";break;
16 |           case 8:men = "E=8 Error verifica el ID";break;
17 |           case 9:men = "E=9 Error verifica que el metodo SETUP contenga la palabra reservada VOID";break;
18 |           case 10:men = "E=10 Error No definiste la variable con VAR o CONSTANTE";break;
19 |           case 11:men = "E=11 Error Verifica la declaracion de variables";break;
20 |           case 12:men = "E=12 Error verifica que tu metodo contenga VOID";break;
21 |           case 13:men = "E=13 Error en el identificafor de tu metodo";break;
22 |           case 14:men = "E=14 Error verifica que tu metodo INTERRUPT sea valido";break;
23 |           case 15:men = "E=15 Error verifica el ID del metodo INTERRUPT";break;
24 |           case 16:men = "E=16 Error verifica que tu metodo INTERRUPT contenga una parentesis que abre";break;
25 |           case 17:men = "E=17 Error verifica que tu metodo INTERRUPT contenga una parentesis que cierra";break;
26 |           case 18:men = "E=18 Error en el valor a la asignación de puertos";break;
27 |           case 19:men = "E=19 Error en o cerca de la asignación a TE";break;
28 |           case 20:men = "E=20 Error en o cerca de la asignación a TD";break;
29 |           case 21:men = "E=21 Error en o cerca de la asignación a TC";break;
30 |           case 22:men = "E=22 Error en o cerca de la asignación a PE3";break;
31 |           case 23:men = "E=23 Error en o cerca de la asignación a TB";break;
32 |           case 24:men = "E=24 Error en o cerca de la asignación a TA";break;
33 |           case 25:men = "E=25 Error en o cerca de la asignación a PE2";break;
34 |           case 26:men = "E=26 Error en o cerca de la asignación a PE1";break;
35 |           case 27:men = "E=27 Error en o cerca de la asignación a PE0";break;
36 |           case 28:men = "E=28 Error en o cerca de la asignación a TD7";break;
37 |           case 29:men = "E=29 Error en o cerca de la asignación a TD6";break;
38 |           case 30:men = "E=30 Error en o cerca de la asignación a OPTIONREG_PS2";break;
39 |           case 31:men = "E=31 Error en o cerca de la asignación a OPTIONREG_PS1";break;

```

Figura 3 Manejo de errores sintácticos.
Área Sistemas Computacionales

IDE

El desarrollo del **IDE**, se llevó a cabo con el lenguaje java que permite las operaciones básicas de edición, manejo de archivos, módulo de ayuda, las siguientes imágenes muestran su diseño.

DISEÑO DEL IDE PARA MAPIC 1.0.0

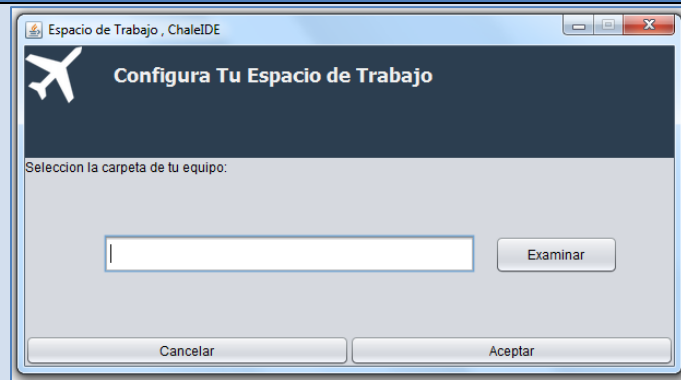


Figura 4 Una vez que se ejecuta la IDE se elige un espacio de trabajo

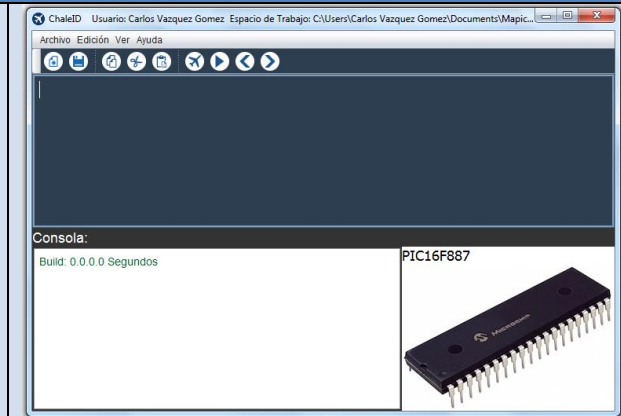


Figura 5 Se muestran las acciones que facilita el IDE

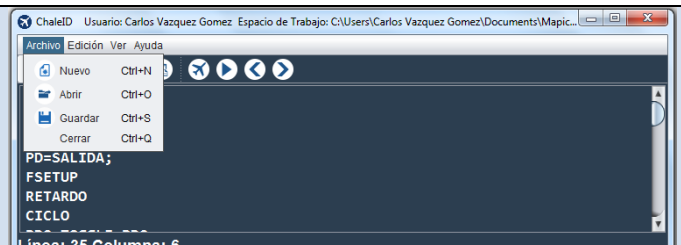


Figura 6 Acciones de la opción Archivo

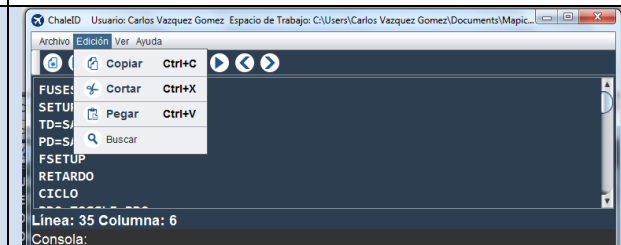


Figura 7 Acciones de la opción Edición

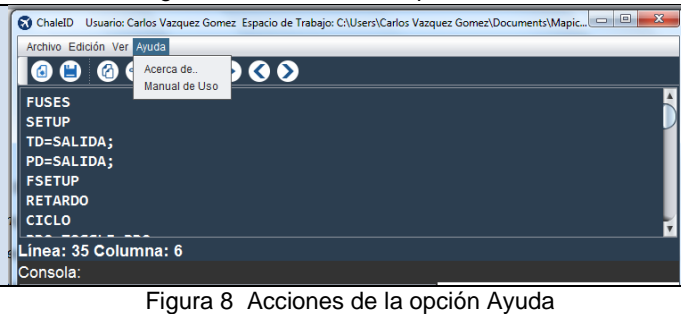


Figura 8 Acciones de la opción Ayuda

Resultados

Los **DSL** se caracterizan por ser lenguajes con más detalle en la expresión de las instrucciones, más descriptivos, de más alto nivel, más comprensibles y más fáciles de aprender, normalmente son especificados con gramáticas pequeñas con pocos detalles de sintaxis y por consiguiente las especificaciones escritas en un **DSL** están menos propensos a errores, los usuarios del **DSL MAPIC 1.0.0** podrán crear fácilmente la correspondencia entre el programa y el problema que se pretende resolver, permite una mayor productividad en el contexto del dominio para lo cual está definido y las especificaciones o programas son más fáciles de mantener.

A continuación en la tabla 1 se muestra el uso de **MAPIC 1.0.0** y su **IDE**, así como el código objeto generado para el microcontrolador **PIC16F887**:

Tabla 1 Uso de **MAPIC 1.0.0** mediante el **IDE**

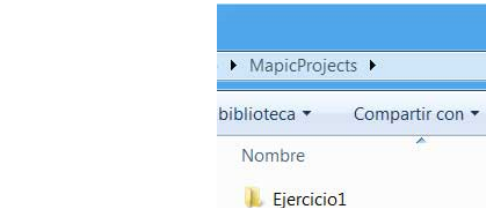
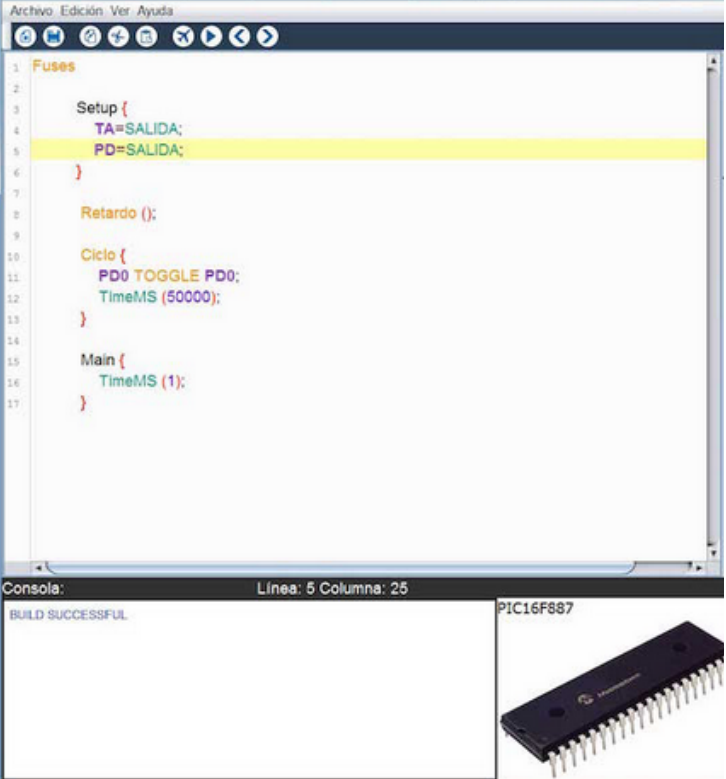
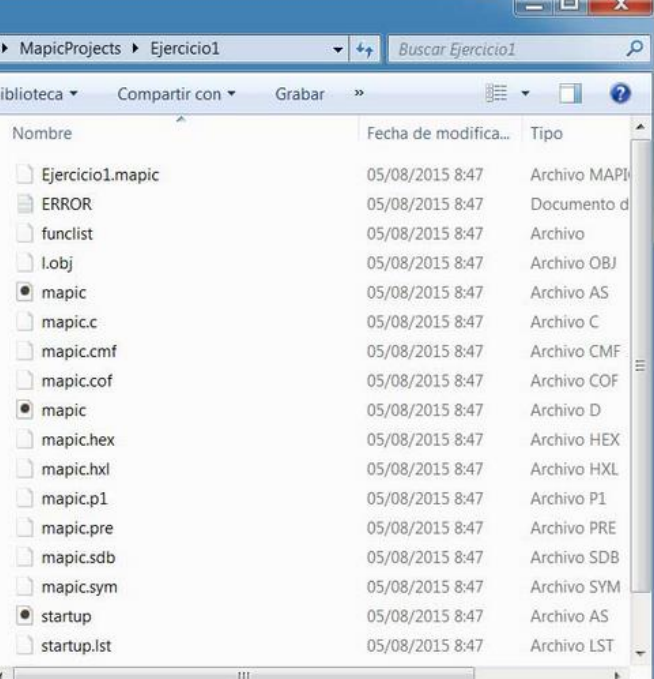
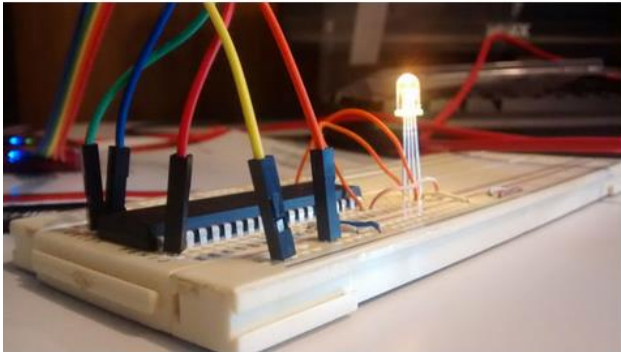
Acción	Resultado
<p>Al crear un proyecto en el IDE , se crea una carpeta y dentro de ella el archivo, con extensión <i>.mapic</i>.</p>	
<p>Se escribe el código, a compilar, como se muestra a continuación.</p>	
<p>Al compilar el archivo, en la carpeta del proyecto se crean los archivos correspondientes.</p>	

Tabla 1 Uso de **MAPIC 1.0.0** mediante el **IDE** (continuación)

Acción	Resultado
<p>El código objeto generado es:</p>	<pre>#include <xc.h> // CONFIG1 #pragma config FOSC = INTRC_NOCLKOUT #pragma config WDTE = OFF #pragma config PWRTE = OFF #pragma config MCLRE = OFF #pragma config CP = OFF #pragma config CPD = OFF #pragma config BOREN = OFF #pragma config IESO = OFF #pragma config FCMEN = OFF #pragma config LVP = OFF // CONFIG2 #pragma config BOR4V = BOR40V #pragma config WRT = OFF void retardo(unsigned int i){for(;i>0;i--);} void setup(){ OSCCON=0x60; ANSEL=0; TRISD=0; PORTD=0; } void loop(){ while(1){ PORTDbits.RD0=! PORTDbits.RD0; retardo(50000); } } void main(void){ setup(); loop(); retardo(1); return; }</pre>
<p>Ejecutando el programa, en el protoboard.</p>	

Trabajo a futuro

Definitivamente, el desafío es incrementar el conjunto de instrucciones de **MAPIC** que aporte sentencias que permitan expresar de una manera más versátil las acciones iterativas, además de incluir sentencias que favorezcan la personalización de la configuración del microcontrolador. Otro reto es que **MAPIC** pueda evolucionar para que sea capaz programar en cualquier microcontrolador de la familia **16F** de *Microchip*.

Asimismo, otro de los retos es agregar funcionalidades al **IDE** como la escritura predictiva de código dirigida por la sintaxis, así como ofrecer un navegador propio de los proyectos con los que se trabaja. Al crear un nuevo proyecto, se pueda ofrecer la opción de crear nuevos programas a partir de ejemplos; además que implemente un sistema con “*pestañas*” para tener varios proyectos abiertos, personalizar los *atajos* de teclado, así como las *fuentes* con la que se trabaja, por último agregar una *ventana* que ofrezca la configuración del PIC.

Conclusiones

En la actualidad, el incremento competitivo en el mercado tecnológico, crea la necesidad de diseñar sistemas con mejores características, de menor tamaño, bajos requerimientos de energía, mejor desempeño, teniendo un especial énfasis sobre todo en la facilidad de duplicidad del sistema diseñado. La lógica definida por el usuario, y realizada por el fabricante, permite individualizar a los sistemas diseñados, así como también apearse más a los requerimientos específicos del mismo. Esto, tiene repercusión en el costo, compactibilidad, desempeño y seguridad del diseño.

En este sentido, la automatización de sistemas permite optimizar muchos de los procesos que se desarrollan a nivel industrial y de servicios, tal automatización se logra a través de los microcontroladores, las aplicaciones de estos circuitos dependen de su arquitectura, de las herramientas tecnológicas y del conocimiento para así mismo aplicarlas en un proceso determinado. Estos dispositivos se pueden utilizar en todo sistema que requiera controlar uno o más procesos que previamente hayan sido programados para tal fin sin que puedan realizar una tarea diferente para la que fueron programados.

Este proyecto se fundamentó en el microcontrolador **PIC16F887**, el cual dispone de todos los componentes disponibles en la mayoría de los microcontroladores modernos. Por su bajo precio, un rango amplio de aplicaciones, alta calidad y disponibilidad, es una solución perfecta aplicarlo para controlar diferentes procesos en la industria, en dispositivos de control de máquinas, para medir variables de procesos etc. por lo cual se diseñó y desarrolló un lenguaje específico de dominio (DSL) que permita a los usuarios crear programas con un nivel de abstracción más alto a su código nativo.

El lenguaje **MAPIC** es de alto nivel, cumple con el objetivo de ser más accesible y entendible, es decir, fácil de aprender e implementar, para los programadores que deseen iniciarse en el mundo de la programación de los **PIC**.

Referencias

1. A.van Deursen, P. Klint, J. Visser. Domain-Specific Languages: An Annotated Bibliography. ACM Sigplan notices, Vol. 35, No. 6, 2000.
2. M.Voelter. DSL Engineering, Design, Implementing and Using Domain-Specific Languages. <http://dslbook.org>, 2010-2013.
3. A.V. Aho Compiladores. Principios, técnicas y herramientas. Pearson Addison Wesley, 2da Edición. 2008.
4. Jcup. (s.f.). Obtenido de jcup : <http://www2.cs.tum.edu/projects/cup/index.php>
5. Jflex. (2014). Obtenido de jflex - the fast scanner generator for java: <http://jflex.de/>

Instalación y configuración de un clúster de visualización utilizando Rocks 5.3

Gómez-Abascal, Marco A¹⁾, Rodríguez-León, Abelardo²⁾ Ovando-Chacon, Guillermo E.³⁾, Prince-Avelino, Juan C.⁴⁾

Laboratorio de cómputo intensivo, Instituto Tecnológico de Veracruz, Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779
Col. Formando Hogar, Veracruz, Ver. MEXICO

1) gomez.abascal@gmail.com, 2) arleonitv@gmail.com, 3) ovachag@gmail.com, 4) jcpa1000@gmail.com

Área de participación: Ingeniería en Sistemas Computacionales

Resumen

Utilizando la arquitectura de clúster tipo Beowulf, se construyó en el Laboratorio de Computo Intensivo del Instituto Tecnológico de Veracruz, un clúster de visualización basado en middleware Rocks 5.3. El presente artículo describe el proceso de construcción del mismo, desde el ensamblado físico e instalación de sistema operativo en todos los nodos tile, hasta la configuración de los programas de control incluidos en el roll Viz, para la correcta visualización de multimedia y aplicaciones OpenGL. Se incluye una medición de rendimiento del muro en funcionamiento, así como la demostración de la ejecución de dicho programa medido.

Palabras clave: Cluster, SAGE, OpenGL, Chromium.

Abstract

Using a Beowulf clustering architecture, a visualization cluster based on the middleware Rocks 5.3 at the Intensive computing laboratory in the Technological Institute of Veracruz; the present article describes the construction progress of the cluster, from the physical assembly and installation of the operating system in all the tile nodes, to the configuration of all the control programs included in the Viz roll, those programs are used for the proper visualization of both multimedia and OpenGL programs. Additionally, we include a performance benchmark of the visualization wall from one of the OpenGL programs developed for this project.

Introducción

El uso de la computación proporciona una interesante y útil alternativa para la investigación científica, ya que permite el análisis de extensos cúmulos de información compleja, y la posibilidad de difundir estas ideas de forma visual, e incluso interactiva, tal es el caso del muro de visualización Stallion, desarrollado en la universidad de Texas [Utexas- 2011]. Una correcta presentación gráfica es capaz de transmitir a un grupo de investigadores conceptos altamente complejos, además de permitirles enfocarse en la información específicamente importante al caso de estudio.

El cuerpo académico “Análisis y Simulación en Termofluidos” realiza investigación científica en la cual estudian fenómenos térmicos y de combustión, que producen una gran cantidad de información, por lo cual crearon el LCI (Laboratorio de Cómputo Intensivo) con el que cuenta esta área del instituto para realizar estas tareas.

Algunas de estas mejoras, se refieren a la instalación y configuración de clústeres Beowulf para computación de alto rendimiento (HPC High Performance Computing), con los cuales se obtiene un poder de procesamiento computacional superior al que sería posible conseguir, incluso con equipos individuales de la gama más alta disponible, como menciona Matthew Doney [Uwin- 2013]. Estos clústeres, además de resultar económicamente asequibles, permiten la reutilización de equipos no necesariamente de última generación, ya que su naturaleza es escalar; es decir, se pueden incorporar más nodos (e incrementar la capacidad de procesamiento) según la disponibilidad de equipos.

Por un lado, está la capacidad de procesamiento computacional de los clústeres antes mencionados, la cual suele dedicarse al procesamiento de información y ejecución de procesos de simulación altamente demandantes. Aunado a lo anterior se tiene la representación de estos resultados, a través de gráficos de computadora, lo cual puede definirse como un tipo de procesamiento computacional muy específico y no estrictamente vinculado con el cómputo de alto rendimiento. Este último procesamiento gráfico, suele ser también altamente demandante, por lo que requerimos de un tipo diferente de clúster específicamente dedicado al procesamiento gráfico.

Metodología

Especificaciones del clúster

Se configuro un muro de visualización en el LCI del Instituto, con las siguientes características iniciales:

- Sistema Operativo: CentOS 5.3 (rolled tacos)
- Nodos: 8 nodos con procesadores QuadCore x86_64 (1 FrontEnd + 7 Tiles) y GPU nVidia(3 nodos con doble monitor)
- Monitores por nodo de visualización: 1-2
- Resolución en nodos tile: 1024x768
- Resolución en Frontend: 1024x768

Ensamblaje físico y modo de conexión

El modelo de conexión físico utilizado es el de un clúster tipo Beowulf, el cual corresponde a un nodo principal o frontend con 2 tarjetas de red y sus nodos tile con una sola tarjeta de red, tal como es detallado en el manual de usuario del roll base de Rocks 5.3 [Rocks-2009-1] y confirmado por Marcus Hohlmann en su reporte de instalacion de cluster en la universidad de Florida tech [MHFlorT- 2006]. Por su parte el frontend en su interfaz eth0, se encuentra conectado a una red local privada, en la cual se conectan a su vez todos los nodos tiles; así mismo su interfaz eth1 representa la salida hacia la red pública o internet. Dicho modelo de conexión se representa por la figura 1.

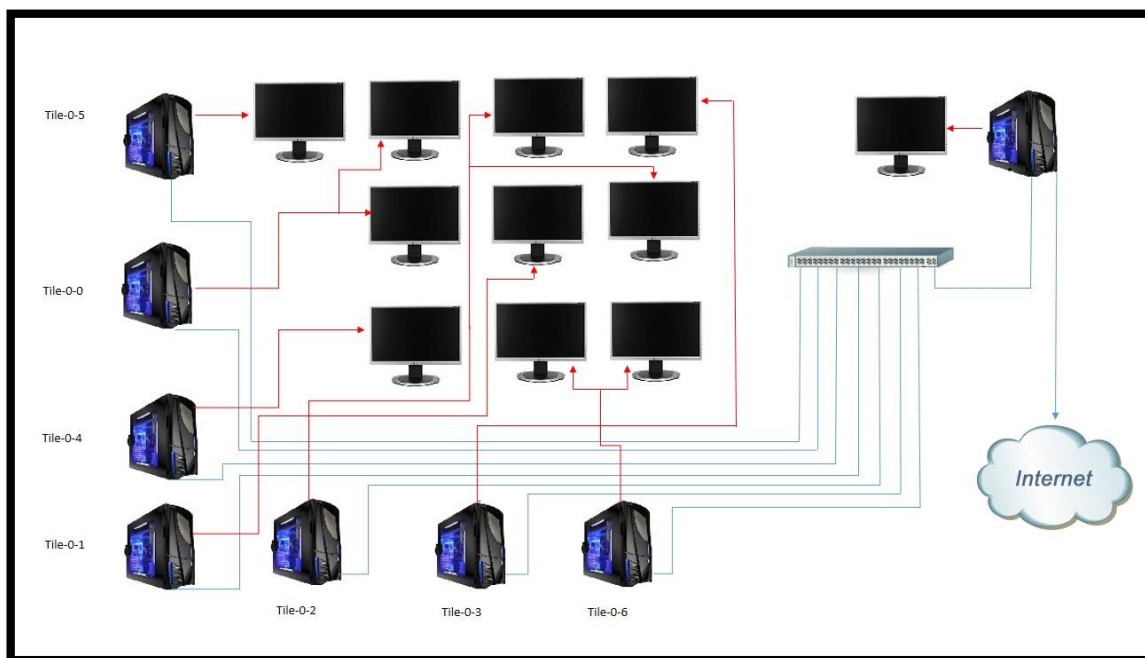


Figura 1 Modo de Conexión de clúster

Instalación de CentOS con middleware Rocks

La instalación del sistema operativo CentOS+Rocks 5.3 es un proceso intuitivo y guiado por asistente, en el cual es necesario llenar los parámetros de instalación como:

- Información descriptiva del clúster
- Configuración de IP y DNS en las distintas interfaces de red
- Selección de paquetes (rolls)

Este último representa la configuración más significativa en la instalación del frontend, ya que de esto depende la funcionalidad y uso del clúster computacional, por lo que para un clúster de visualización se ocuparon los siguientes Rolls, representados en la tabla 1.

Roll	Seleccionar
area51	Sí
base	Sí
bio	No
ganglia	Sí
hpc	Si
kernel	Sí
os	Sí
sge	No
Viz	Sí
web-server	Sí
xen	No

Tabla 1 Descripción de rolls necesarios para un clúster de visualización

Una vez finalizado el proceso de instalación, es necesario preparar los nodos tiles para la instalación de sistema vía red, por lo que se configura en las opciones de BIOS las siguientes opciones:

- Arranque de sistema por interfaz de red PXE
- Modo de disco duro AHCI
- Modo de BIOS en tipo LEGACY

Así como es necesario agregar el puerto 69 de tipo UDP en la configuración de firewall para la correcta instalación de los nodos.

Entre las configuraciones básicas adicionales al frontend, destacan la instalación de los drivers de la tarjeta de video nVidia y de ser necesario de algún otro hardware instalado. Una vez finalizado con las configuraciones, se procedió a instalar los nodos tile.

Instalación de los nodos tile

Una vez concluida la instalación y configuración del FrontEnd, se debe verificar que los nodos estén cableados correctamente a la red local antes de comenzar a agregarlos al clúster. El proceso de instalación se inicia con el comando *insert-ethers*, seleccionando como opción de instalación el nodo tile; lo cual pondrá al frontend en modo de espera y al encontrar una conexión por arranque de red, procederá a instalar el nodo de forma automática.

Durante el proceso anterior es posible agregar cuantos nodos tile sean necesarios, estos fueron instalados en cascada, acelerando así el tiempo de instalación total.

Configuración de nodos tile

Una vez finalizada la instalación de los nodos tile, es necesario actualizar los controladores de video y de red, Debido a que los nodos heredan el sistema del frontend, esta es la única configuración necesaria post – instalación.

Configuración de roll Viz

Una vez agregados los nodos tile al clúster, es necesario indicar a Rocks la disposición que cada uno tendrá en el muro. Es posible configurar esta disposición mediante un layout descrito en xml, como lo es especificado en el manual de usuario para la configuración del roll Viz [Rocks-2009-2]. Esta disposición para efectos de la distribución de Rocks que nos ocupa, se trata del archivo /etc/xml/layout.xml.

La sintaxis es simple. La sección global “wall” corresponde al muro, luego, cada sección interior de la etiqueta <col>, debe contener a su vez cada uno de los <display> que formarán dicha columna. La primera sección <col> corresponderá a la columna más a la izquierda del muro. Para el caso de los monitores definidos dentro de la sección <col>, estos se agregarán de arriba hacia abajo.

La figura 2, corresponde a la configuración creada en dicho xml

```
<wall>
  <col>
    <display>tile-0-0:0.1</display>
    <display>tile-0-0:0.0</display>
    <display>tile-0-4:0.0</display>
  </col>
  <col>
    <display>tile-0-2:0.0</display>
    <display>tile-0-1:0.0</display>
    <display>tile-0-6:0.1</display>
  </col>
  <col>
    <display>tile-0-3:0.0</display>
    <display>tile-0-2:0.1</display>
    <display>tile-0-6:0.0</display>
  </col>
</wall>
```

Figura 2 Layout XML de configuración de nodos

Una vez actualizado el archivo, y antes de cargar la nueva configuración, se debe indicar a Rocks que elimine la configuración existente (todos los nodos tile configurados), para lo cual se emplea el comando “rocks remove tile”, procediendo después a la carga de la disposición del muro, determinada en el layout previamente configurado, para lo cual se usó el comando “rocks add tile layout /etc/xml/layout.xml”, finalmente se sincroniza el muro con la nueva configuración, con el comando “rocks sync tile”. Al terminar se observa como el muro se actualiza con la configuración indicada.

Por cuestiones de limitantes en el hardware, fue necesario configurar la resolución de cada nodo tile a 1024x768, para lo cual se utilizó el comando “rocks set appliance attr tile viz_tile_resolution 1024x768” y se re-sincronizó el muro.

Configuración de Chromium

Chromium es componente de software que distribuye -el procesamiento de gráficos OpenGL en un clúster de computadoras [Humphreys2002]. Sobre esta tecnología pueden implementarse algoritmos paralelos de renderizado que aprovechen las capacidades de cómputo de clúster. Chromium está conformado por 3 partes principales, que se pueden observar claramente relacionadas en la figura 3. Dichas partes que cumplen con distintas funciones, necesarias para lograr el cometido de éste software.

Aplicación OpenGL Ej. glxgears		Aplicación OpenGL Ej. fonttest	
Faker OpenGL Mothership Servidor Chromium			
Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo n
OpenGL	OpenGL	OpenGL	OpenGL

Figura 3 Arquitectura de Chromium

La distribución Rocks utilizada en el presente proyecto es Rocks 5.3 rolled tacos, y dentro de su roll Viz, cuenta con la versión 1.9 de Chromium. Es necesario realizar algunos ajustes en las variables de entorno antes de poder utilizar Chromium en ésta distribución. Las siguientes modificaciones son necesarias únicamente en el frontend del clúster, no en cada uno de los nodos.

PATH: La variable PATH proporciona la ruta de los ejecutables del roll Viz, ya que esta no se agrega por default cuando se instala este roll. Se recomienda definirla en el archivo de configuración .bashrc (~/.bashrc).

```
export PATH=/opt/viz/bin:$PATH
```

En esta ruta (/opt/viz/bin) se encuentran los ejecutable de Chromium (crserver, crappfaker, entre otros).

LD_LIBRARY_PATH: Esta variable contiene las rutas donde se buscarán las librerías pre compiladas en el sistema. Se recomienda agregar en el archivo de configuración .bashrc (~/.bashrc).

```
export LD_LIBRARY_PATH=/opt/viz/lib:$LD_LIBRARY_PATH
```

CRMOTHERSHIP: Chromium utiliza esta variable de entorno para determinar el host en el que se ejecutará el proceso Mothership. Se recomienda agregar en el archivo de configuración .bashrc (~/.bashrc).

```
export CRMOTHERSHIP=10.1.1.1
```

Nota: la IP utilizada debe corresponder a la de la tarjeta de red del frontend conectada a la red local (red del clúster).

Se modifica el archivo de configuración default de Chromium, ubicado en el directorio home del usuario root: (/root/.crconfigs). Este archivo contiene sólo la línea `*/opt/rocks/bin/rocks start chromium %p %m`. Lo anterior significa que para todos los programas OpenGL `***`, se ejecutará en Chromium `rocks start chromium` la aplicación `%p`, y se crearán servidores crserver (se distribuirá la carga de procesamiento OpenGL) en cada nodo tile del clúster, y la mothership será el frontend con conexión mediante el puerto `%m`. Este último parámetro (`%m`), debe modificarse e indicar un puerto que luego se debe abrir para top en el firewall. Entonces, se reescribe la línea anterior para que quede como sigue:

```
* /opt/rocks/bin/rocks start chromium %p 10000
```

Finalmente se procede a habilitar chromium en el frontend, lo cual sustituye la ejecución de programas OpenGL de frontend only a ejecución en el muro de visualización, para lograr esto se ejecuta en terminal el comando `rocks enable chromium`, respectivamente si se desea regresar a modo frontend only, se ejecuta el comando `rocks disable chromium`.

Resultados y discusión

Una vez completada la configuración de Chromium, se realizó la ejecución de un programa de OpenGL, el cual consistió en un modelo de un aspa de rehilete, el cual fue diseñado en Blender y exportado al programa en cuestión, posteriormente se utilizaron traslaciones para colocar 4 aspas formando el rehilete, se agregó movimiento característico de un rehilete, así como también iluminaciones, resultando en una animación como la que se presenta en la figura 4.

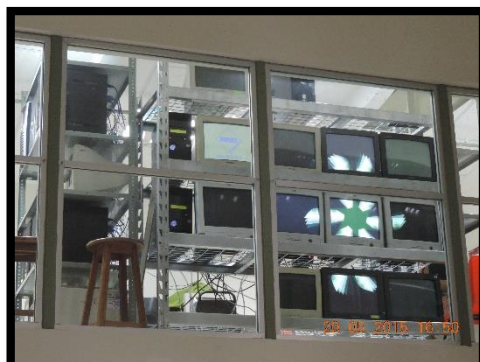


Figura 4 Ejecución de programa de prueba en muro

En cuanto al rendimiento del programa de prueba utilizado anteriormente, se midieron 2 métricas principales:

- FPS.- Refiere a los fotogramas por segundo desplegados en el muro de visualización, es obtenida directamente por la función CalculateFPS en el código del propio programa de prueba.
- Mbps.- Referente a los megabits/segundo del tráfico en la red local del clúster, obtenida utilizando la herramienta de monitoreo de clúster, GANGLIA, instalada previamente por el roll del mismo nombre durante la instalación middleware en el frontend.

Para eliminar la aleatoriedad de los datos se ejecutó el programa de prueba por un periodo de 10 minutos, dicha prueba fue realizada 3 veces para homogeneizar los datos obtenidos. Los cuales se presentan en la tabla 2

Mega Pixeles	FPS	Mbps
6.75	59.83	3.73

Tabla 2 Rendimiento de muro de visualización

Trabajo a futuro

Continuando con este proyecto, en el LCI del Instituto Tecnológico de Veracruz, se pretende mejorar el hardware del clúster (monitores HD, tarjetas de red y video) e implementar otros middleware, como por ejemplo Eply [Eilemann-2007], con lo cual mejorar el rendimiento de clúster y aumentar el realismo de las simulaciones y programas OpenGL.

Conclusiones

La distribución Rocks (CentOS) 5.3 para la implementación de clústeres de computación de alto rendimiento y el conjunto de aplicaciones proporcionadas en el Viz roll (Chromium, SAGE) representan una solución asequible y poderosa a la necesidad de capacidades de procesamiento distribuido.

Es una solución ideal para su implantación en entornos de investigación debido a la sencillez de instalación y prestaciones provistas, tal como lo plantea la universidad de Stanford [Stfrd- 20xx].

Chromium provee a la distribución de la carga de procesamiento OpenGL en un clúster con un nivel alto de abstracción a través del Faker, lo que permite que sin necesidad de realizar un esfuerzo mayúsculo de programación especializada (algoritmos de procesamiento paralelo), se pueda disponer de un entorno capaz de aprovechar las capacidades de la computación en clúster, sin embargo, al incrementar la cantidad de nodos tiles en el clúster de visualización se observa que Chromium requiere una mayor cantidad de ancho de banda para mantener el rendimiento óptimo de FPS.

Referencias

[Utexax-2011]. TACC. Universidad de Texas. "Stallion user guide". <https://www.tacc.utexas.edu/userservices/user-guides/stallion-user-guide>. Octubre 2011. Última revisión Enero 2015.

[Rocks-2009-1] Universidad of California. "Base Roll: User Guide: Version 5.3", Edition Diciembre 2009. Rocks Cluster. <http://www.rocksclusters.org/roll-documentation/base/5.3/roll-baseusersguide.pdf>. Última revisión Julio 2015.

[Rocks-2009-2] Universidad of California. "Viz Roll: User Guide: Version 5.3". Rocks Cluster. Edition Diciembre 2009. <http://www.rocksclusters.org/roll-documentation/viz/5.3/roll-vizusersguide.pdf>. Última revisión Julio 2015.

[Humphreys2002] Greg Humphreys, et all. "Chromium: a stream-processing framework for interactive rendering on clusters". ACM Transactions on Graphics (TOG) - Proceedings of ACM SIGGRAPH 2002. Volume 21 Issue 3, July 2002 Pages 693-702. Doi. 10.1145/566654.566639

[Eilemann-2007] Stefan Eilemann. "Project Equalizer", Edition Enero 2007. <http://www.equalizergraphics.com/documents/WhitePapers/ProjectEqualizer.pdf> Última revisión Enero 2007.

[Uwin- 2013] Matthew Doney. "Beowulf Clusters". University of Wisconsin

[MHFlorT- 2006] Marcus Hohlmann. "Cluster Computing". Agosto 2006. Florida Tech. http://research.fit.edu/hep_labA/documents/UG_research_JenniferH_DavidP_Grid_Dec06_final_version.pdf

[Stfrd- 20xx] Greg Humphreys, Mike Houston, Ren Ng, Randall Frank, Sean Ahern, Peter D. Kirchner, James T. Klosowsk. Stanford University, IBM T.J. Watson Research Center. https://graphics.stanford.edu/papers/cr/cr_lowquality.pdf

APLICACIÓN WEB PARA LA AUTOMATIZACION Y CONTROL DE EQUIPOS DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

E.Y Honorato Rodríguez ^{1*}, A. F. Lule Rangel¹, R.E Telona Torres², J,R, González Cadena²,S. Torres Nolasco¹.

División de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, Carretera Costera del Golfo KM 140+100, San Andrés Tuxtla, C.P. 95804, Veracruz, México

² División de Ingeniería Informática
*eneidayazmin@hotmail.com

Área de participación: Ing. En Sistemas Computacionales¹

Resumen

La Comisión de Agua del Estado de Veracruz (CAEV) Catemaco, Veracruz, México tiene un sistema de suministro de agua que consta de cuatro equipos de bombeo y dos tanques de almacenamiento de distribución, la operación manual provocaba un desabasto del líquido en algunas colonias por un ineficiente control y monitoreo en los niveles de los tanques. El objetivo de este trabajo fue crear una aplicación web para automatizar el arranque y paro de los equipos de bombeo, así como el monitorizar los tanques de almacenamiento para el suministro de agua, que permitió recopilar datos en tiempo real para mostrarlos en un navegador. Se utilizó una placa con microcontrolador mediante el uso de la plataforma Arduino. Del mismo modo se desarrolló un sitio web mediante la metodología ágil *Extreme Programming (XP)*. El resultado preliminar más significativo fue la reducción del consumo energía eléctrica en un 30%.

Palabras clave: *Equipo de Bombeo, Metodología ágil, Arduino, Aplicación web.*

Abstract

The State Water Commission of Veracruz (CAEV) Catemaco, Veracruz, Mexico has a water supply system consisting of four pumping equipment and two storage tanks distribution, manual operation caused a shortage of liquid in some colonies inefficient control and monitoring levels in tanks. The objective of this work was to create a web application to automate the starting and stopping of the pumping equipment as well as monitor the storage tanks for water supply, enabling real-time data collection for display in a browser. A plate with microcontroller was used using the Arduino platform. Similarly a website using agile methodology Extreme Programming (XP) was developed. The most significant preliminary result was the reduction of electricity consumption by 30%.

Keywords: *Prototype, Pumping Equipment, Arduino, Web application.*

Introducción

El crecimiento natural de la población, el proceso de urbanización registrado en las últimas décadas y una economía productiva más intensiva en el uso del agua, han provocado un rápido aumento en su demanda que no ha sido posible satisfacer.

En las zonas rurales del Estado de Veracruz, en las que habitan alrededor de 2.9 millones de personas en 20,513 localidades menores a 2,500 habitantes, en el año 2000 se tenía una cobertura de agua potable de 44.4 por ciento que beneficiaba a 1.28 millones de habitantes; para 2005 la cobertura aumentó a 56.7 por ciento y en el 2010 se llega al 64 por ciento. [PVD,2011.]

Respecto a los Organismos Operadores de Agua (locales, municipales o regionales), éstos presentan problemas en la operación, mantenimiento y administración de los sistemas de agua potable, algunos se encuentran en grados de ineficiencia, desde una perspectiva técnica y

comercial que se manifiesta en la inconformidad de los usuarios. Es frecuente la presencia de problemas de obsolescencia en la infraestructura física, de fugas en sus ductos y de provisión de agua de mala calidad. [PVMA,2011].

CAEV, es una organización estatal gubernamental que brinda agua potable y drenaje a la ciudad de Catemaco Veracruz, México. Por la ubicación y terreno no plano, ha suministrado este vital líquido con bombas succionadoras, que se localizan en distintos pozos y/o nacimientos de esta ciudad.

Las plantas de bombeo, también conocidas como **estaciones de bombeo**, son instalaciones integradas por infraestructura civil y electromecánica, destinadas a transferir volúmenes de fluidos de un determinado punto a otro, para satisfacer ciertas necesidades. [CONAGUA,2007].

Dos de los componentes esenciales en las instalaciones electromecánicas básicas de una estación típica son:

1. El equipo de bombeo, elemento encargado de transferir el agua desde el punto de captación, hasta el lugar donde se requiera.
2. El motor eléctrico, equipo que proporciona la energía motriz para el accionamiento de la bomba. [IDEM].

El equipo de bombeo de la Oficina Operadora de Catemaco no contaba con un sistema de control de arranque y paro automático que arrancara las bombas en el momento adecuado, por lo que el inicio y paro de los motores lo realizaban manualmente tres obreros, mismos que realizaban la función de supervisar continuamente los niveles de agua en los tanques de almacenamiento, la presión en las tuberías de salida, además de la tarea de monitorear el amperaje de los motores. Esa supervisión no era exacta al ser necesaria la presencia física del operador, lo cual provocaba una mala provisión del fallo del equipo de bombeo al no realizarse en buen tiempo. En ese sentido, se tenía un importante gasto en mano de obra, ya que al tener un mal manejo en los tiempos de encendido en diversas ocasiones el equipo presentaba daños irreparables y en consecuencia un problema en el suministro del agua a algunas colonias de la ciudad. Por lo anterior, y aunado a que la finalidad y objetivo del CAEV es la de proporcionar a los usuarios un servicio de calidad con eficiencia, continuidad y presiones adecuadas, fue necesario buscar una estrategia que permitiera el abasto del vital líquido de una manera adecuada y oportuna, además de obtener ahorros sustanciales en el consumo de energía eléctrica y mantenimiento.

El propósito de este estudio fue desarrollar una aplicación web que permitiera automatizar y controlar el sistema de suministro de agua del CAEV Catemaco para reducir gastos de mantenimiento y el desabasto del vital líquido en la ciudad.

Métodos

En este apartado se define la directriz y el contexto en el cual se desarrolló la investigación:

Fase 1: Diseño del prototipo electrónico para arranque y paro

Se realizó un análisis de los microcontroladores más adecuados y más económicos para esta tarea considerando que el control se realizaría a través de un sitio web, por lo que se decidió utilizar la plataforma Arduino Uno REV 3 con los sensores que en la tabla 1 se describen:

Tabla 1. Descripción de sensores implementados en el Arduino

Sensor	Medición Max	Tipo
Ultrasónico HC-SR04	400cm	Industrial
Presión	300 psi	Industrial
Corriente	500amp	Industrial
Relé	10A 250VAC 10A 30VDC	Industrial

El monitoreo de la presión en la tubería donde se lleva el agua bombeada permite observar si hay una pérdida de líquido al reflejarse en la disminución o aumento causada por obstrucción. Este sensor previene la rotura de la tubería.

Por otro lado, el sensor ultrasónico permite medir en tiempo exacto el nivel del agua y calcular el volumen de los tanques de almacenamiento.

En lo que respecta al sensor de corriente permite arrancar y parar el motor a través de una señal que duplica la forma de la onda de la corriente captada

A continuación se procedió a descargar el software de Arduino y programar los sensores para realizar la comunicación con el microcontrolador.

Fase 2: Elaboración de la aplicación

La segunda fase consistió en seguir la directriz de la metodología ágil *Extreme Programming* para el desarrollo de la aplicación web, ya que se contemplaron las pruebas de software como base para el desarrollo, formando parte del proceso continuo de generación de código integrándola continuamente, lo que garantizó una plataforma estable.

Exploración. En donde en conjunto con el operador de los equipos de bombeo se plantearon los requerimientos para el control y monitoreo de los mismos; así como la información necesaria para generar los reportes diarios, semanales y mensuales. Los operadores plantearon a grandes rasgos las historias de usuario que eran de interés para la primera entrega del producto. Al mismo tiempo se familiarizó con las herramientas, tecnologías que se utilizaron en el proyecto. Se probó la tecnología y se exploraron las posibilidades de la arquitectura del sistema construyendo un prototipo.

Planificación de la Entrega (Release). Se tomaron acuerdos sobre el contenido de la primera entrega y se determinó un cronograma en conjunto con el operador.

Iteraciones. En esta etapa se incluyeron varias iteraciones sobre el sistema antes de ser entregado. En la primera iteración se determinó la arquitectura de la plataforma en equipo con el operador, para lo cual se determinó utilizar una arquitectura de 3 capas representante de las aplicaciones webs con las siguientes tecnologías: del cliente HTML, CSS3 así como un navegador Web, por el lado del Servidor una máquina virtual de Linux con una distribución Ubuntu, Apache, PHP, MYSQL.

Se desarrolló una representación abreviada de los requerimientos definidos, representados los dominios funcionales y de información del programa, plasmados en diagramas UML. El esquema del sistema se observa en la Figura 1.

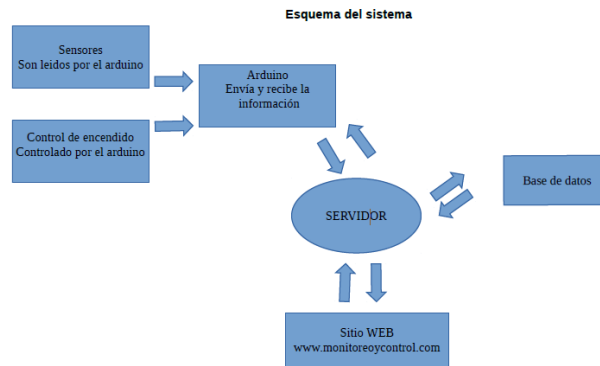


Figura1. Esquema del sistema

Se diseñó la base de datos en donde se almacenarían los datos de los indicadores del monitoreo de los tanques de almacenamiento por medio de bitácoras diarias.

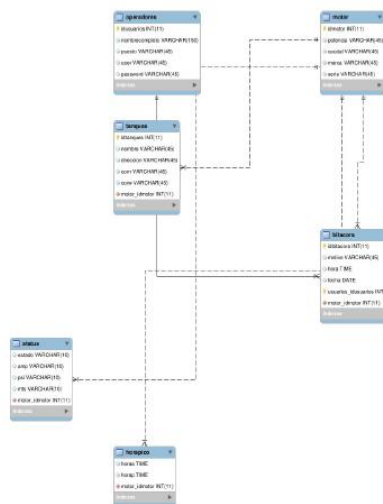


Figura2. Base de Datos de la Aplicación

Al final de la última iteración el sistema estuvo listo para entrar en producción. Todo el trabajo de la iteración fue expresado en tareas de programación.

Producción. Se desarrolló la interfaz y el funcionamiento del sitio considerando el dispositivo electrónico a controlar. La fase de producción requirió de pruebas adicionales y revisiones de rendimiento antes de que el sistema fuera trasladado al entorno del usuario. En dicha interfaz se consideraron el encendido y apagado de los arrancadores así como el monitoreo de indicadores de los tanques de almacenamiento como presión y niveles de agua. En la Figura 3 se puede observar en una sola interfaz las opciones para el arranque y paro así como indicadores gráficos de un amperímetro, manómetro y los niveles de agua que tienen los tanques de almacenamiento.

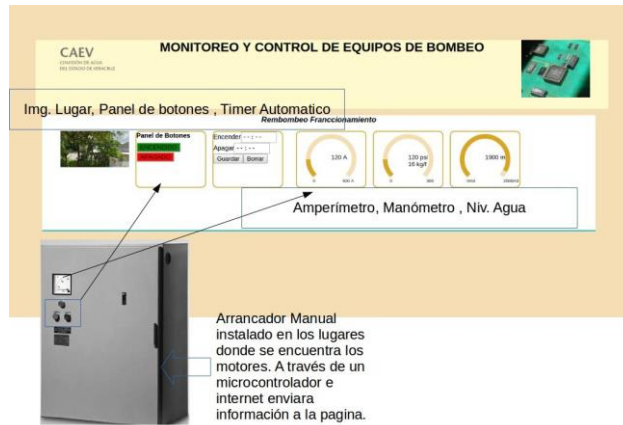


Figura3. Pantalla Principal del sitio web.

Mantenimiento. Se realizaron pruebas y se generaron nuevos requerimientos. En la siguiente figura se muestra la respuesta de los sensores al sitio web en donde se demuestra que existe comunicación entre la interfaz y el dispositivo electrónico.

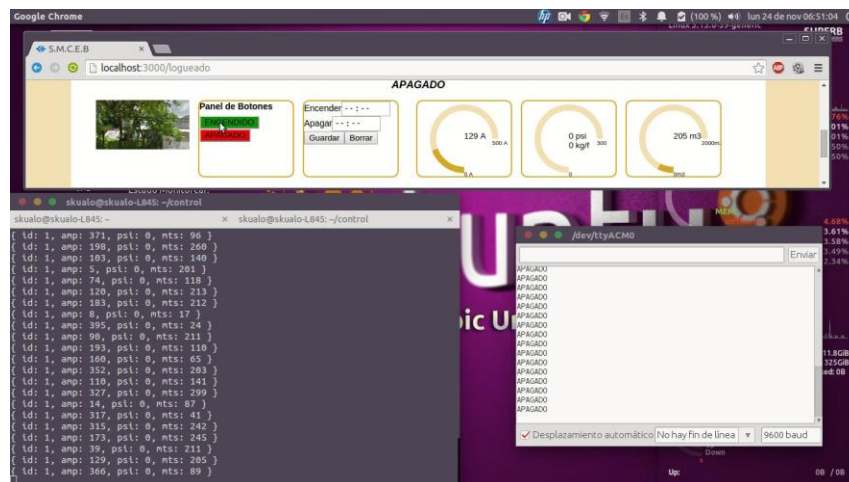


Figura 4. Pruebas de comunicación de los sensores

Resultados y discusión

En las tablas 2 y 3 se observa que al tener un monitoreo de los niveles de agua permite controlar el arranque de los equipos de bombeo y de esta manera se optimiza el uso de energía eléctrica, el cual se ve reflejado en los gastos presupuestados.

Tabla2. Gastos por mes periodo Enero-Junio 2014

MES	FACTURACION CFE	COSTOS DE REP. YMANTTO.	TOTAL DEL MES

Ene-14	\$ 10,366.76	\$ 5,000.00	\$ 15,366.76
Feb-14	\$ 10,471.97		\$ 10,471.97
Mar-14	\$ 11,166.88		\$ 11,166.88
Abr-14	\$ 11,283.32		\$ 11,283.32
May-14	\$ 11,673.16		\$ 11,673.16
Jun-14	\$ 12,541.83	\$ 5,000.00	\$ 17,541.83
Total			\$ 77,503.92

Tabla3. Gastos por mes periodo Enero-Junio 2015

MES	FACTURACION CFE	COSTOS DE REP. Y MANTTO.	TOTAL DEL MES
Ene-15	\$ 7,196.54	\$ 5,000.00	\$ 12,196.54
Feb-15	\$ 7,682.97		\$ 7,682.97
Mar-15	\$ 8,354.34		\$ 8,354.34
Abr-15	\$ 8,333.33		\$ 8,333.33
May-15	\$ 8,271.61		\$ 8,271.61
Jun-15	\$ 8778.33		\$ 8,778.33
Total			\$ 53,617.12

Esto ha permitido tener una reducción de gasto en energía eléctrica y en reparaciones y mantenimiento de un 30% aproximadamente.

Trabajo a futuro

Se pretende ampliar la versatilidad de la aplicación web en una interfaz para dispositivos móviles que permita ampliar la usabilidad y movilidad.

Además se pretende realizar un estudio del impacto de la aplicación en el servicio de suministro del agua a las colonias a través de instrumentos de medición que garanticen la fiabilidad del estudio.

Conclusiones

El uso de la metodología ágil Extreme Programming en el desarrollo de esta aplicación web permitió eliminar el exceso de burocracia de las metodologías tradicionales facilitando el desarrollo rápido del prototipo, además de versiones previas a la entrega final.

La aplicación web que controla el paro y arranque de los equipos de bombeo ayudan a llevar a cabo un mejor control ya que permite sincronizar el arranque o paro de las bombas ya sea por tiempo o de acuerdo al nivel de agua que se encuentra en los tanques, por otro lado, evita riesgos de fugas de agua en el llenado de los mismos, así como el hecho de que trabajen en vacío, permitiendo mantener su funcionalidad, disminuyendo los gastos de operación.

Los microcontroladores Arduino por su bajo costo, requieren una inversión inicial mínima, lo cual lo hace rentable para una industria pequeña, en donde se necesita la automatización de procesos.

Referencias

1. Plan Veracruzano de Desarrollo 2011-2016. Gobierno del Estado de Veracruz
2. Programa Veracruzano del Medio Ambiente 2011-2016. Gobierno del Estado de Veracruz
3. Teresa Leal Asencio. "Efecto Esperado del Cambio Climático en la Disponibilidad de Agua para Veracruz" mayo 2011.
4. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) Operación de Equipo electromecánico en plantas de bombeo para el agua potable y residual. Diciembre, 2007.
5. Benitez, A. (2009), Automatización de una planta potabilizadora, Tesis de licenciatura no publicada. ESIME, Distrito Federal, México.
6. Roger S. Pressman Ingeniería del Software. Un Enfoque Práctico. Quinta Edición Mc. Graw Hill., 2:21 pp
7. Andre Simon. Automatas Programables Industriales. Editorial Paraninfo, Madrid, España.
8. James Lee, Brent Ware . Open Source Web Development with LAMP: Using Linux, Apache, Mysql, Perl y Php. 2002. Addison Wesley.
9. Beck K. (1999) *Embracing Change with eXtreme Programming. Computer, vol 32, no. 10, pp 70-77.*

Análisis y evaluación del framework JaCaMo para construir SMA

A. Presas Ruiz¹, C. B. Excelente Toledo²

Laboratorio Nacional de Informática Avanzada A. C.

Rébsamen 80, Col. Centro, C.P. 91000, Xalapa Enríquez, Veracruz, México

[1ana09ruiz@gmail.com](mailto:ana09ruiz@gmail.com), [2cexcelente@lania.mx](mailto:cexcelente@lania.mx)

Área de participación: Ingeniería en Sistemas Computacionales

Resumen

La presente investigación parte del interés de estudiar el framework JaCaMo como herramienta para construir Sistemas Multi-Agentes (SMA) realizando un análisis y evaluación del mismo a partir de la integración de un marco de evaluación reportado en la literatura [Nguyen, et al., 2002]. El análisis se realizó considerando: 1) la construcción de un caso de estudio típico de SMA, 2) la actualización del caso de estudio incorporando elementos de la teoría de agentes como cambios al medio ambiente, la estructura de agentes, entre otros, y 3) la experiencia de uso y estudio sobre el framework para conocer sus componentes, características, objetivos, etc. Los resultados indican que JaCaMo incorpora todos los aspectos mencionados en el marco de evaluación y contiene elementos necesarios para la construcción de SMA, además, al contrastarlo bajo los mismos términos con otros frameworks, éste se visualiza como una herramienta prometedora para el desarrollo de SMA.

Palabras clave: *Sistemas Multi-Agentes (SMA), Evaluación de frameworks, JaCaMo.*

Abstract

The aim in this paper is to study the JaCaMo framework as a Multi-Agent Systems (MAS) building tool, specifically through the analysis and evaluation model reported in the literature [Nguyen, et al., 2002]. The analysis phase considered three aspects: 1) building a typical MAS case study, 2) updating the case study by adding aspects from agents theory such as changes in the environment and the agents structure among others and 3) considering the experience by using the framework and studying the framework literature in order to figure out its components, characteristics, objectives, etc. The outcomes show how the JaCaMo framework incorporates each aspect from the evaluation model, and thus, its suitability for building SMA, furthermore, the results allow to have a comparison with other frameworks based on the same conditions.

Introducción

Para la construcción de soluciones de software que atienden problemas complejos se utilizan los Sistemas Multi-Agentes (SMA). Los SMA son una tecnología que cuenta con cada vez mayor aceptación ya que apoyan a tratar con problemas a grandes escalas; modelan soluciones donde hay procesos de sistemas distribuidos y abiertos y no hay un control centralizado; consideran componentes heterogéneos; atienden a soluciones que presentan cambios constantes e implementan interacciones sofisticadas, entre otras características. Sin embargo, para desarrollar este tipo de sistemas, es indudable la necesidad de contar con técnicas y herramientas que apoyen el tratamiento y uso efectivo de dicha complejidad [Julián y Botti, 2003], como es el caso de los frameworks. Un framework es un sistema de software que incluye programas, bibliotecas y herramientas para desarrollar SMA, algunos ejemplos son: JADE [J.Telecom Italia S.p.A., 2015], ADK [Java Mobile Agent Portal, 2015], FIPA-OS [Emorphia, 2003], JACK [Howden, et al., 2001] y JaCaMo [Hübner, et al., 2013]. No obstante, es importante conocer las características que poseen los frameworks para su correcta utilización, ya que estas herramientas tienen distintos grados de complejidad, facilidades de programación, mecanismos de construcción y no presentan una estandarización al construir SMA, por lo que es necesario su estudio y exploración. Recientemente, ha surgido JaCaMo como un framework para construir SMA que está teniendo una amplia aceptación en la comunidad [Dalpiaz, et al., 2014]. Este framework cubre distintos niveles de abstracción al contener tres tecnologías para la creación de SMA: Jason [Sourceforge, 2015] utilizado en el desarrollo de agentes autónomos;

CARtAgO [Slashdot Media, 2015] que proporciona la infraestructura necesaria para la programación y ejecución de entornos virtuales, y Moise [Hübner, 2013] para la implementación de una organización de múltiples agentes.

Este trabajo es un estudio exploratorio y parte del interés de estudiar JaCaMo como herramienta para construir SMA, tomando como premisa el contrastarlo en los términos en los que se han analizado otros frameworks. Existen en la literatura evaluaciones de marcos de desarrollo de agentes [Nguyen, et al., 2002] [Leszczyna, 2004] [Marchetti y García, 2003] [Singh, et al., 2011] que analizan tanto los aspectos que se incorporan de la teoría de un SMA, como aquellos asociados a la construcción del sistema de software y las herramientas con las que cuentan. Sin embargo, ninguno de ellos estudia JaCaMo, dada su reciente aparición. Este artículo presenta los resultados de realizar el análisis y evaluación del framework JaCaMo a partir de la implementación de un caso de estudio y la selección de un marco de evaluación [Nguyen, et al., 2002].

Metodología

Estudio de la teoría de agentes

Para conocer sobre los componentes de un SMA y su funcionamiento, se estudiaron conceptos relacionados con la teoría de agentes como: definición de agente y tipos, arquitecturas de agentes; tipos y niveles de interacción y comunicación, características del medio ambiente, etc.

Selección de un marco de evaluación

Se realizó un estudio a siete propuestas de evaluación de frameworks:

- Evaluation of Agent Platforms [Leszczyna, 2004].
- Agent Platform Evaluation and Comparison [Nguyen, et al., 2002].
- Agent Development Toolkits [Singh, et al., 2011].
- Multiagent Systems Development Kits: An Evaluation [Bitting, et al., 2003].
- Using Mobile Agents in Real World: A Survey and Evaluation of Agent Platforms [Altmann, et al., 2001].
- Evaluation of Intelligent Agent Frameworks for Human Learning [Soliman y Guet, 2011].
- Plataformas para desarrollo de Sistemas Multiagente: Un Análisis Comparativo [Marchetti y García, 2003].

A partir del estudio y análisis de los elementos contenidos en las propuestas presentadas, se llevó a cabo la selección del marco de evaluación, considerando aquellas propuestas que evalúan los elementos más significativos para esta investigación y que incorporen a la mayoría de los frameworks utilizados en la construcción de SMA en su evaluación. El marco de evaluación se conforma por la propuesta que presenta [Nguyen, et al., 2002], en la cual se estudiaron ocho frameworks utilizados para la construcción de SMA. Este marco de evaluación considera elementos como: si se cuenta o no con documentación y de qué tipo; las características del lenguaje de programación que se emplea para el desarrollo de aplicaciones, el aspecto de usabilidad de la herramienta, los componentes con que se cuenta para el desarrollo de aplicaciones, los aspectos de movilidad de los agentes, conceptos de comunicación y disponibilidad de la herramienta.

Desde la perspectiva de esta investigación, para disminuir la subjetividad al evaluar el framework se tomó de [Dam, 2003] el método *modo de selección* donde los criterios de estudio son tomados de un marco de evaluación reportado y no propuestos por el evaluador o diseñados "ad hoc". Además, se aprovechó el método *caso de estudio* donde se implementa el caso de estudio *Mineros del oro* [Bordini et al., 2007] que aporta los elementos necesarios para realizar la evaluación; de esta forma, tomando como base ambos métodos, se independiza la definición de criterios de la evaluación.

Construcción de SMA en JaCaMo

Se realizó la implementación de un caso de estudio que reúne características típicas en un SMA, como son: agentes y su arquitectura (en este caso BDI), ambiente y dinamismo e interacción con otros agentes. Particularmente, se trata del problema de *Mineros de oro*, donde un conjunto de agentes cooperan para recolectar la mayor cantidad de oro en el menor tiempo posible.

Análisis y evaluación de JaCaMo

A partir de la construcción del caso de estudio y modificaciones al mismo; se procedió al análisis y evaluación tomando como referencia cada uno de los elementos del marco de evaluación.

Comparación de JaCaMo con otros frameworks

Una vez realizada la evaluación de JaCaMo, se procedió a ubicarlo con relación a los otros frameworks reportados. Es decir, tomando como base: los criterios de análisis, la valoración realizada de JaCaMo y la evaluación reportada de los otros frameworks, contando con los resultados de cada uno de los elementos de análisis de cada uno de los frameworks, obteniendo con ello una vista global de comparación.

Resultados y discusión

Marco de Evaluación e Implementación del Caso de Estudio

El marco de evaluación seleccionado está basado en [Nguyen, et al., 2002]] el cual involucra los siguientes elementos: comunicación, movilidad, seguridad, disponibilidad, usabilidad, documentación, lenguaje de programación, desarrollo de aplicaciones.

El caso de estudio *Mineros del oro* consta de una rejilla, en el que se ubican una comunidad de agentes (mineros del oro), un objetivo global de recolección del oro, a través de la interacción entre agentes que se mueven en un medio ambiente (rejilla con obstáculos). Adicionalmente, se incorporaron cambios que permitieron modelar lo que ocurre en el medio ambiente, distintas características de los agentes, mecanismos de interacción, comunicación y organización [Leite, 2014]. En la Figura 1 se puede visualizar, en la parte de izquierda la construcción del SMA en JaCaMo, donde se utilizaron las tres tecnologías que contiene: Jason en la programación de las acciones internas y el comportamiento de cuatro agentes mineros (*miner1*, *miner2*, *miner3* y *miner4*, en la ejecución se visualizan en un círculo azul) y un líder (*leader*); CArtAgO en la creación de artefactos, es decir, vistas y modelos del mundo minero (*mining.miningPlanet(5,0)*), permitiendo interactuar con su ambiente proporcionando funcionalidades y operaciones básicas de organización; y Moise para el desarrollo de la organización (*miners_os.xml*) mediante normas, roles y objetivos a cumplir por los agentes en el SMA. Así al implementar el caso de estudio *Mineros del oro* se conoció cómo se utiliza JaCaMo al construir SMA y mediante las modificaciones se profundizó en el uso del framework, aportando así mayores elementos para su análisis y evaluación.

Figura 1. Código principal y ejecución de la implementación del caso de estudio “Mineros del Oro” en JaCaMo.

Análisis y evaluación del framework JaCaMo

A continuación se presenta el análisis de los aspectos contenidos en el marco de evaluación. Para cada uno de los elementos se describe a) las características principales de cada elemento y b) el resultado del análisis tomando como base la construcción de caso de estudio y sus modificaciones, la experiencia de uso e investigación y literatura sobre el framework.

- **Comunicación:** determina el comportamiento social de los agentes.
Análisis. JaCaMo utiliza un meta-modelo que presenta un conjunto de conceptos que permiten a los desarrolladores diseñar y modelar protocolos de comunicación. Existen dos tipos de mecanismos de comunicación implementados en JaCaMo: vía mensajes internos y a través de artefactos. El lenguaje de comunicación utilizado es KQML (Knowledge Query and Manipulation Language) y ACL/FIPA (Agent Communication Language / Foundation for Intelligent Physical Agents). Jason provee los mecanismos necesarios para la creación y personalización de los agentes así como también los mecanismos de comunicación y coordinación. La comunicación en JaCaMo también se establece mediante Moise a través de la organización del SMA. En Moise se asignan los roles que cumplirán los agentes en la organización así como la definición de restricciones y relaciones que tendrán en su interacción con el ambiente del SMA. Una característica esencial de JaCaMo es su completa integración a la infraestructura del entorno y la plataforma de agentes. Los agentes deben actuar acorde a las normas organizacionales por lo que razonan al interactuar con los entornos en los cuales están situados. Los artefactos del entorno ayudan a los agentes a interactuar con la organización realizándose así la comunicación en el SMA.
- **Movilidad:** capacidad de mover o migrar el código de una computadora a otra en un sistema de red sin interrumpir su ejecución y, en el mejor de los casos, que esto se realice de manera autónoma [Iqbal, et al., 2006] [Nguyen, et al., 2002].
Análisis. Los agentes presentes en JaCaMo presentan movilidad débil, ya que solo permite la migración de código y el estado de los datos, requiriendo una restauración para su ejecución. Esto se dedujo a partir de aplicaciones realizadas con la herramienta en [Santi y Ricci, 2013] [Martins y Meneguzzi, 2014].
- **Seguridad:** se refiere al establecimiento de políticas de seguridad dentro de la plataforma y si conserva sus propiedades entre los distintos componentes.
Análisis. La información sobre la seguridad del framework JaCaMo es escasa, ya que sólo se encontró información relacionada con el modelo de seguridad presente en CArtAgO. El modelo de seguridad de control de acceso basado en roles (RBAC), presente en CArtAgO, proporciona a los artefactos la realización de operaciones en los espacios de trabajo para la configuración de las políticas de acceso en el framework [Boissier, et al., 2014]. Mientras que en Moise y Jason, tecnologías que componen JaCaMo, no se encontró información alguna sobre las políticas de seguridad que cumplen, por lo que es necesario estudiar a fondo la seguridad que presenta el framework para aprovechar este aspecto al momento de construir SMA.
- **Disponibilidad:** consideraciones donde se establece la actualidad de la herramienta, la mantenibilidad, acceso y disponibilidad, etc.
Análisis. El framework presenta constantes actualizaciones, debido a que el equipo de desarrolladores se encuentra activo y en contacto directo con los usuarios de la herramienta, gracias la aceptación que presenta. La versión de JaCaMo actualmente es 0.4a, éste es de fácil acceso y se puede instalar en diversos sistemas operativos.
- **Usabilidad:** facilidad de uso y aspectos que determinan una experiencia efectiva de uso en el framework.
Análisis. En cada una de las tecnologías incluidas en el framework, se puede agregar fácilmente los elementos que contiene ayudando al usuario a crear SMA de manera rápida, por ejemplo: al agregar un agente con Jason al nuevo proyecto o un artefacto en CArtAgO mediante la interfaz. JaCaMo provee de herramientas que facilitan la construcción de SMA, pero es necesario que el desarrollador presente experiencia en la realización de SMA y conozca a fondo lo que implementará para que mediante el framework JaCaMo lo implemente de una manera rápida y eficaz.
- **Documentación:** información que se presenta del framework a través de manuales, tutoriales, etc.
Análisis. La documentación de JaCaMo consiste de una página de internet [JaCaMo Project, 2015] que contiene información actualizada (manuales de instalación, tutoriales, ejemplos de proyectos) para la utilización del framework. Sin embargo, ésta no es muy extensa debido principalmente a su reciente aparición. De las tres tecnologías contenidas en JaCaMo, Jason cuenta con mayor información disponible (libro, manuales, aplicaciones en proyectos, etc.); la documentación para CArtAgO es mínima, ya que la

mayoría de su información no es gratuita, no obstante cuenta con una página de internet [Slashdot Media, 2015] que contiene una serie de ejemplos de utilización, tutoriales y algunos artículos de divulgación; Moise presenta información básica sobre su uso, la documentación que se encuentra son tutoriales y ejemplos de aplicación. La documentación presente para la herramienta JaCaMo, es clara y concisa aunque la mayoría de ésta se encuentra en inglés y portugués. Además se pueden implementar los ejemplos que contienen los tutoriales y aprender a utilizar el framework de manera sencilla.

- **Lenguaje de programación:** características del lenguaje de programación que utiliza un framework para desarrollar un SMA.

Análisis. El lenguaje de programación en que fue construida la herramienta es Java. Los tres elementos presentes en JaCaMo cuentan con distintas especificaciones pero se unen para el mismo fin, construir SMA. En Jason se utiliza para la programación de agentes, éste es un intérprete que se implementa en Java (multiplataforma) y es de código abierto. CArTAgO utiliza Java para la construcción de artefactos en el entorno del SMA, permite el mapeo de propiedades y eventos observables en las creencias, centrándose en el artefacto y las propiedades que se asignan con base a la creencia del agente. Cada vez que se actualiza una propiedad observable también lo hace la creencia que le corresponde. En Moise se utiliza un lenguaje de modelado organizacional, permitiendo una fácil descripción de la estructura del SMA.

- **Desarrollo de aplicaciones:** contemplan distintos puntos de vista con respecto al desarrollo de un producto final, aplicaciones y proyectos prácticos utilizando un framework.

Análisis. Debido a la aceptación que ha tenido JaCaMo en la comunidad de desarrollo de SMA, se realizaron diversas aplicaciones en relación: a los elementos incorporados en el framework [Santi y Ricci, 2013]; a la teoría de agentes [Sorici, et al., 2011], [Blas y Sarli, 2013]; construcción de aplicaciones para la eficiencia energética [Martins y Meneguzzi, 2014], etc.

Considerando el análisis expuesto, en la Tabla 1 se presentan los resultados de evaluar JaCaMo, cada elemento contiene una breve descripción de las características que tiene el framework y la valoración de la misma. Los aspectos se valoraron mediante una escala de 0-2, donde 0 significa que no contiene el criterio, 1 que lo presenta e incorpora algunas características y 2 que presenta completamente el elemento analizado. Así, por ejemplo, en el aspecto *comunicación*, en el framework JaCaMo los agentes se comunican mediante los lenguajes KQML y ACL/FIPA, se asignó un valor de 2, esto tanto por las características que presentan al permitir a los desarrolladores diseñar y modelar protocolos de comunicación con estos estándares. La *movilidad* del código presente en la herramienta es débil, ya que solo permite la migración de código y el estado de los datos, requiriendo una restauración para su ejecución, debido a ello se valoró con 1. Con respecto a la *seguridad* en JaCaMo se necesitan mayores elementos para su análisis, ya que la información sobre este aspecto es escasa, obtuvo 1 en su valoración. El framework puede ser usado fácilmente debido a las funcionalidades que presenta la interfaz y la ayuda que brinda al programador, por estas razones se asignó un 2. Con respecto a la *documentación* que se presenta sobre el framework es mínima, ya que la mayoría no es de fácil acceso y no cuenta con manuales de uso, esto resultado también de su reciente aparición, por ello su valor es 1. El *lenguaje de programación* tiene una ponderación de 2, ya que JaCaMo utiliza en su mayoría el lenguaje Java lo que permite portabilidad de aplicaciones. Las *aplicaciones desarrolladas* con JaCaMo obtuvieron un valor de 2, reflejando con ello la aceptación y auge que está teniendo al construir diversos tipos de SMA.

Tabla 1. Evaluación del framework JaCaMo.

Aspectos evaluados	Descripción	Valor
Comunicación	KQML o ACL/FIPA	2
Movilidad	Débil	1
Seguridad	Solo en CArTAgO presenta seguridad de control de acceso basado en roles (RBAC).	1
Disponibilidad	Accesible y disponible en sitio web, última versión 0.4a (septiembre 2014), software libre bajo licencia GNU LGPL	2
Usabilidad	Excelente GUI y facilidad de uso	2
Documentación	Escasa documentación gratuita	1
Lenguaje de programación	Java	2

Desarrollo de aplicaciones	Aplicación para mejorar la eficiencia energética dentro de una casa inteligente, proyecto de asignación inteligente de lugares de trabajo para el gobierno, desarrollo de aplicaciones web, sistema de gestión del conocimiento basado en JaCaMo, entre otros.	2
----------------------------	--	---

Comparación de JaCaMo con otros frameworks

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 1 y tomando la misma escala de valores se evalúan los frameworks analizados en [Nguyen, et al., 2002]. En la Tabla 2, se visualiza que Jade y Grasshopper obtienen mejores resultados que las otras herramientas, debido a su alta disponibilidad, las políticas de seguridad y que contienen mayor documentación. Mientras que JaCaMo se ubica en el tercer lugar, ya que no presenta gran cantidad de información de consulta. Si bien, al evaluar y comparar el framework JaCaMo no se obtuvieron los mayores resultados, existen aspectos en los que esta herramienta es fuerte y no están siendo analizados en los elementos de análisis, por ejemplo: la integración de sus componentes en una organización, la reutilización del conocimiento en varias dimensiones (agente, organización y ambiente) y facilidad de mantenimiento en aplicaciones realizadas con JaCaMo.

Tabla 2. Comparativa de JaCaMo con otros frameworks.

Aspectos evaluados	Aglets SDK	Ajantla	Tryllian's SDK	FIPA-OS	Grasshopper	Jade	Jack IA	Zeus	JaCaMo
Comunicación	1	1	1	2	2	2	1	2	2
Movilidad	1	1	2	0	1	1	0	0	1
Seguridad	2	2	2	2	1	2	1	2	1
Disponibilidad	1	0	2	2	2	2	0	1	2
Usabilidad	2	0	0	1	2	2	1	2	2
Documentación	2	1	0	0	2	2	0	1	1
Lenguaje de programación	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Desarrollo de aplicaciones	1	1	1	2	2	2	1	1	2
Total	12	8	10	11	14	15	6	11	13

Trabajo a futuro

Si bien los resultados de esta investigación permiten obtener una valoración integral del framework JaCaMo, es claro que aún es necesario construir otros casos de estudio con distintas características que exploten los diferentes componentes que presenta JaCaMo. Además, debido a la fecha de la publicación de los elementos del marco de evaluación propuesto en este artículo, la evolución tanto en las necesidades de desarrollo de aplicaciones como la teoría de agentes obliga a considerar la incorporación de otros criterios tales como: aspectos relacionados con organización, integración de componentes y sistemas, mecanismos más complejos de interacción, herramientas de verificación y aspectos enfocados al usuario final, entre otras. Sin embargo, hay que tener presente que al incorporar nuevos elementos de análisis y criterios, es necesario también volver a estudiar y evaluar cada framework, por lo que habría que considerar factores adicionales como son costo, tiempo y recursos involucrados para llevar a cabo dicha evaluación. Alternativamente, también es posible valorar el realizar una evaluación con una misma perspectiva, es decir, con la implementación de un mismo caso de estudio en todos los frameworks que contiene el marco de evaluación. La decisión de la mejor opción de evaluación dependerá del objetivo puntual de estudio.

Conclusiones

Recordando que el interés puntual de esta investigación consiste explorar y analizar el framework JaCaMo, se parte de los resultados obtenidos para obtener las siguientes conclusiones:

JaCaMo integra a Jason, Cartago y Moise que consideran las herramientas necesarias para implementar agentes, ambientes y organizaciones en un SMA. Estas tecnologías contribuyen a la construcción de productos de software con distintos grados de sofisticación. Los elementos de evaluación considerados, solo exploran una mínima parte de estas características.

Se utilizaron dos métodos de evaluación [Dam, 2003]: *enfoque de selección*, donde el evaluador adopta tanto los roles de selección de criterios de análisis y el *enfoque de caso de estudio*, que consiste en el desarrollo de un proyecto específico para llevar cabo la evaluación que es independiente del establecimiento de los criterios de estudio. Estos dos métodos se integran al retomar un marco de evaluación de la literatura y el *enfoque de caso de estudio* al implementar el proyecto específico *Mineros del oro* como caso de estudio para realizar la evaluación. Ambos métodos se eligieron con el fin de disminuir la subjetividad, al no sugerir nuevos elementos ni criterios sino adoptar aquellos ya aceptados e incorporando el desarrollo de un caso de estudio para extender el conocimiento del framework. Con esto en mente: se partió de un marco de evaluación reportado en la literatura y mediante el desarrollo del caso de estudio en JaCaMo, se evaluaron los principales componentes del framework, su facilidad de uso, lenguaje de programación, la disponibilidad que presenta, etc.

Además, debido a la reciente aparición del framework JaCaMo y el evidente interés de la comunidad en su estudio como herramienta para desarrollar este tipo de sistemas [Cossentino, et al., 2013] [Dennis, et al., 2011] [Dalpiaz, et al., 2014] [Milk, 2015], se continua su desarrollo y mantenimiento, realizando mejoras con respecto a la integración entre componentes de forma transparente al usuario, además de que, cada una de las tecnologías que integran a JaCaMo están en constante actualización.

A partir de los resultados, se vislumbra que JaCaMo contiene los elementos necesarios para la construcción de SMA tanto porque incorpora los principales conceptos de la teoría de agentes y como herramienta de desarrollo de SMA. Asimismo, estos resultados permiten contar con un punto de partida para los interesados en el desarrollo de aplicaciones ya que se aporta información tanto a nivel de implementación, como un análisis general de las fortalezas y debilidades del framework. Finalmente, este tipo de estudios son importantes para ubicar con la mayor claridad y objetividad posible las características de este tipo de herramientas y promoviendo con ello, el desarrollo de aplicaciones SMA como elemento fundamental para madurar en una estandarización de herramientas o para incrementar el interés de utilizar esta tecnología.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo de las siguientes instituciones que contribuyeron en el logro de este artículo: al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el sostén económico para cursar la Maestría en Computación Aplicada (MCA); al Laboratorio Nacional de Informática Avanzada (LANIA), en donde se proporcionó mayor conocimiento en el área y a la Dra. Cora B. Excelente Toledo por su comprensión y apoyo.

Referencias

1. Julián, V. J; Botti, V.J. (2003). Estudio de métodos de desarrollo de sistemas multiagente. Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, vol. 7, núm. 18, 2003, pp. 65-80. Asociación Española para la Inteligencia Artificial. Valencia, España.
2. J.Telecom Italia S.p.A. (2015). JAvA Agent DEvelopment Framework (JADE). Disponible en: <http://jade.tilab.com/>. Última Consulta: 13/08/2015
3. Java Mobile Agent Portal. (2015). Tryllian's Agent Development Kit (ADK) Disponible en: <http://www.tryllian.com/adk.html>. Última Consulta: 13/08/2015
4. Emorphia. (2003). FIPA-OS v.2.2.0. Disponible en: <http://fipa-os.sourceforge.net/index.htm>. Última Consulta: 13/08/2015
5. Howden, N; Rönquist, R; Hodgson, A; Lucas, A. (2001). JACK Intelligent Agents—Summary of an Agent Infrastructure. Agent Oriented Software Pty. Ltd., Australia.
6. Hübner, J. F; Simao, J; Boissier, O; Santi, A. (2013). Multi-agent oriented programming with JaCaMo, Science of Computer Programming 78, pages. 747-761.

7. Dalpiaz, F; Dix, J; Van Riemsdijk, M.B. (2014). EMAS 14 Informal Procedures: 2nd Workshop on Engineering Multiagent Systems 13th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2014).
8. Sourceforge, (2015). Jason a Java-based interpreter for an extended version of AgentSpeak. Disponible en: <http://jason.sourceforge.net/> . Última Consulta: 13/08/2015
9. Slashdot Media, (2015). CArtaGO: Common ARTifact infrastructure for AGents Open environments. Disponible en: <http://cartago.sourceforge.net/> . Última Consulta: 13/08/2015
10. Hübner, J. F. (2013). Moise Specifications. Disponible en: <http://moise.sourceforge.net/doc/moise-spec.pdf>. Última Consulta: 13/08/2015
11. Nguyen, G; Dang, T.T; HLuchy, L; Laclavik, M; Balogh, Z; Budinska, I. (2002). Agents Platform Evaluation and Comparison. Pellucid 5FP IST-2001-34519.
12. Leszczyna, R. (2004). Evaluation of agent platforms. In Performance, Computing, and Communications, 2004 IEEE International Conference on, pages (pp. 857-864).
13. Marchetti, T. J., García, A. J. (2004). Metodologías de desarrollo de sistemas multi-agente: un análisis comparativo. En X Congreso Argentino de Ciencias de la Computación.
14. Singh, A; Juneja, D; Sharma, A.K. (2011). Agent Development Toolkits. Revista Internacional de Avances en Tecnología. International Journal of Advancements in Technology, vol. 2, No.1, pp. 158-164. ISSN 0976-4860. January 2011. Disponible en: <http://ijict.org/>. Última Consulta: 13/08/2015
15. Bitting, E; Carter, J; Ghorbani, A. A. (2003). Multiagent Systems Development Kits: An Evaluation. Disponible en: <http://www.cs.unb.ca/~ghorbani/ali/papers/cnsr03-masdk.pdf> . Última Consulta: 13/08/2015
16. Altmann, J; Gruber, F; Klug, L; Stockner, W; Weippl, E. (2001). Using Mobile Agents in Real World: A Survey and Evaluation of Agent Platforms. Proceedings of the Second International Workshop on Infrastructure for Agents, MAS and Scalable MAS.
17. Soliman, M; Guet, C. (2011). Evaluation of Intelligent Agent Frameworks for Human Learning. Disponible en: http://www.icl-conference.org/dl/proceedings/2011/program/contribution142_a.pdf . Última Consulta: 13/08/2015
18. Bordini, R. H; Hübner, J. F; Wooldridge, M. (2007). Programming multi-agent systems in AgentSpeak using Jason. Wiley, 2007.
19. Dam, K. H. (2003). Evaluating and Comparing Agent-Oriented Software Engineering Methodologies. Tesis de Maestría. pp.55-73. RMIT University, Australia.
20. Leite, J. (2014). WESAAC 14 Tutorial Programming Agent Systems Exercise. Universidad de Nova de Lisboa. Disponible en: <http://centria.di.fct.unl.pt/~jleite/wesaac14/> . Última Consulta: 13/08/2015
21. Iqbal, J; Ahmad, H. F; Ali, A; Suguri, H; Sadik S. (2006). Strong Mobility for FIPA Compliant Multi-agent Systems. Agent Computing and Multi-Agent Systems. Vol. 4099, pp. 819-824. Springer.
22. Santi, A; Ricci, A. (2013). Engineering Agent-Oriented Technologies and Programming Languages for Computer Programming and Software Development. Tesis de doctorado. Alma Mater Studiorum Universita di Bologna.
23. Martins, R; Meneguzzi, F. A. (2014). Smart Home Model Using JaCaMo Framework. Disponible en: <http://www.meneguzzi.eu/felipe/pubs/coos-smart-2013.pdf> . Última Consulta: 13/08/2015
24. Boissier, O; Bordini, R. H; Hübner, J. F; Ricci A. (2014). Multi-Agent Oriented Programming Introduction the JaCaMo Platform. Disponible en: <http://jacamo.sourceforge.net/tutorial/courses/maop-4pp.pdf> . Última Consulta: 13/08/2015
25. JaCaMo Project. (2015). JaCaMo Project Multi-Agent Programming Framework. Disponible en: <http://jacamo.sourceforge.net/>. Última Consulta: 13/08/2015
26. Sorici, A; Boissier, O; Picard, E; Santi, A. (2011). Exploiting the JaCaMo Framework for Realising and Adaptive Room Governance Application (DEMO). Noviembre, 2011. Disponible en: <http://www.emse.fr/~picard/publications/sorici11agere.pdf> . Última Consulta: 13/08/2015
27. Blas, M. J.; Sarli, J. L. (2013). Diseño e Implementación de una Herramienta para el Modelado de Agentes sobre la Plataforma Eclipse. Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.
28. Cossentino, M; Seghrouchni A.E.F; Winikoff, M. (2013). W3- The 1st International Workshop on Engineering Multi-Agent Systems (EMAS 2013). Minnesota, USA.
29. Dennis, L. A; Boissier, O; Bordini, H. R. (2011). Ninth International Workshop on Programming Multi-Agent Systems (ProMAS 2011). Taipei, Taiwan. Mayo 2011. Disponible en: <http://www.inf.ufrgs.br/promas2011/> . Última Consulta: 13/08/2015
30. Milk (2015). International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS). Disponible en: <http://www.aamas2015.com/en/>. Última Consulta: 13/08/2015

INGENIERÍA QUÍMICA

- | | | |
|----|--|-----|
| 1 | <p>Caracterización físico-mecánica de la interacción proteína sérica – almidón en la elaboración de películas comestibles</p> <p><i>Apolonio Vargas-Torres, Heidi Palma-Rodríguez, Rene Salgado-Delgado, María-Guadalupe Torres-Cardona, Martin Meza-Nieto</i></p> | 456 |
| 2 | <p>Evaluación de la textura de galletas enriquecidas con harina de capulín</p> <p><i>Johana Hernández-Canseco, Betsabé Hernández-Santos, Erasmo Herman-Lara, Cecilia Eugenia Martínez-Sánchez, Jesús Rodríguez-Miranda</i></p> | 463 |
| 3 | <p>Características fisicoquímicas de la pectina obtenida a partir de cáscara de naranja, mango y tejocote deshidratado</p> <p><i>Marina Guevara Valencia, V. Medrano Mendoza, César Antonio Ortiz Sánchez, Carlos Díaz Ramos</i></p> | 470 |
| 4 | <p>Efecto de la deshidratación osmótica sobre las propiedades físicas del betabel (<i>Beta vulgaris L.</i>)</p> <p><i>Carolina Calderón Chiu, Juan G. Torruco Uco, , Cecilia Eugenia Martínez-Sánchez, Roselis Carmona García, Erasmo Herman-Lara</i></p> | 476 |
| 5 | <p>Deshidratación osmótica por impregnación con ácido ascórbico y su efecto en textura de plátano macho</p> <p><i>Alma Cinthya Solís Ramos, Cecilia Eugenia Martínez Sánchez, Jesús Rodríguez Miranda, Irving Israel Ruiz López, Erasmo Herman Y Lara</i></p> | 484 |
| 6 | <p>Propiedades funcionales de almidón oxidado con hipoclorito de sodio a diferentes concentraciones de cloro activo</p> <p><i>Roselis Carmona García, Andrés Aguirre Cruz, Cecilia Eugenia Martínez-Sánchez, Erasmo Herman y Lara</i></p> | 492 |
| 7 | <p>Propiedades funcionales de la harina de semilla de calabaza desengrasada mediante extracción asistida por ultrasonido</p> <p><i>Betsabé Hernández-Santos, Jesús Rodríguez-Miranda, José Manuel Pineda-Pineda, Erasmo Herman-Lara, Cecilia Eugenia Martínez-Sánchez</i></p> | 500 |
| 8 | <p>Efecto de las variables del proceso de secado por lecho fluidizado sobre el queso fresco</p> <p><i>Alejandra Nallely Buendía González, Alfredo Domínguez Niño, Galo Rafael Urrea García, Guadalupe Luna Solano</i></p> | 507 |
| 9 | <p>Humedad, actividad de agua y color de la zanahoria (<i>Daucus carota</i>), durante su deshidratado</p> <p><i>Elías Cruz Guerra, Nayeli Rosas Reyes, Saúl Vanegas Serrano</i></p> | 513 |
| 10 | <p>Efecto del proceso de ultrasonificación en la morfología de gránulos de almidón de plátano (<i>Musa paradisiaca L.</i>)</p> <p><i>Andrés Aguirre-Cruz, Roselis Carmona-García, Julián M. Peña-Castro, Jesús Carrillo-Ahumada, Miguel Ángel García-Muñoz</i></p> | 520 |
| 11 | <p>Deshidratación de atole de chapurrado mediante secado combinado</p> <p><i>Lino Remigio Silva Martínez, Eduardo Pérez Campos, Ruth Pedroza Islas, Ricardo Díaz Santos, Edith Brena Robles</i></p> | 525 |
| 12 | <p>Efecto de variables del proceso de congelación sobre la calidad de la papa (<i>Solanum tuberosum</i>)</p> <p><i>Rosa María Hernández-Rodríguez, Cinthia Muñoz-López, Martha Paola Rascón-Díaz, Guadalupe Luna-Solano</i></p> | 533 |

13	Efecto de la localización del control de temperatura sobre el destilado en una CPD <i>Leonardo Medina, Galo Urrea García, Eusebio Bolaños, Yolanda Pliego</i>	541
14	Sincronización de sistemas paralelos de control supervisorio y adquisición de datos (SCADA) en un cristalizador <i>Anselmo Osorio Mirón, Elisa García Vargas, María Soledad Díaz Sánchez, Mariela Cortés Flores, Manuel De Jesús Macías Hernández,</i>	549
15	Acoplamiento de un Modelo Semifísico y Algoritmo Genético para estimar condiciones iniciales en fermentación alcohólica <i>Leticia López Zamora, Mauricio Antonio Martínez Castro</i>	555
16	Distribución de tamaño de cristal (DTC) a partir de velocidad de sedimentación <i>Kelvyn Baruc Sánchez Sánchez, Eusebio Bolaños Reynoso, Mariana Elizondo Sánchez, Aldo Cervantes Flores, Galo Rafael Urrea García</i>	563
17	Evaluación diagnóstica del sistema de agua potable de Cd. Mendoza, Veracruz <i>Marco A. Benítez - Espíndola, Patricia Quitl- González, Rossana G. Trejo-Pacheco, Miguel A. Herrera-Hernández, Martha E. Fonseca-Hernández</i>	571
18	Gases de efecto invernadero generado por el consumo de gasolinas en el estado de Tabasco <i>Ebelia Del Ángel Meraz, María Juana García Marín, Alida Elizabeth Cruz Pérez, Ma. Guadalupe Rivera Ruedas, Dora María Frías Márquez</i>	578
19	Extracción de la cera de la grana cochinilla. Comparación del método Soxhlet y método ultrasónico <i>Gabriel Ríos, Ada M Ríos, Roger M Sales Chávez, Luis A Rivera, Leticia López Zamora</i>	582
20	Síntesis hidrotérmica y caracterización mediante difracción de rayos-X de un nuevo polímero metal-orgánico poroso <i>Diana Ávalos Morales, Rodolfo Peña Rodríguez, Alfredo Alberto Morales Tapia, Elizabeth Márquez López, José María Rivera Villanueva</i>	589
21	Extracción asistida por ultrasonido del ácido carminico presente en la grana cochinilla <i>Roger M Sales Chávez, Minerva Rosas, Gabriel Ríos, Stephanie S Velasco, Leticia López Zamora</i>	597
22	Caracterización sensorial de vainas de <i>V. planifolia</i> producidas en México <i>Pérez-Silva Araceli, Nancy Graveline, Jacinthe Fortín, Araceli Cervantes Gutiérrez, María de los Ángeles Vivar-Vera</i>	604
23	Efecto de la alta presión hidrostática en las características químicas y físicas del plátano macho <i>Miriam C. Jiménez Martínez, Jesús Rodríguez-Miranda, José Alberto Ramírez de León, Ernestina Paz Gamboa, María de los Ángeles Vivar Vera</i>	612
24	Potenciales efectivos tipo grano grueso para el plegamiento de ácido ribonucleico <i>Oscar Taxilaga-Zetina, Héctor Javier Medel-Cobaxin, Juan Rafael González-Cadena, Rogelio Enrique Telona-Torres, Ivonne Carmona-Loeza</i>	619
25	Obtención y caracterización física y química de concentrados de fibra dietaria obtenidos de bagazo de piña <i>Gabriela Aguilar Hernández, María de los Ángeles Vivar Vera, Araceli Pérez-Silva, Irving Israel Ruiz López, Guadalupe Vivar Vera</i>	627
26	Comparación de métodos de extracción de aceite de semilla de zapote mamey (<i>Pouteria sapota</i>) <i>Betsabé Hernández-Santos, Adriana Pérez-Sánchez, Roselís Carmona-García, Erasmo Herman-Lara, Cecilia Eugenia Martínez-Sánchez</i>	636

27	Cuantificación de microorganismos durante el proceso en queso "tenate" a partir de leche no pasteurizada	642
	<i>Martin-Amador Meza-Nieto, Sergio Soto-Simental, Melitón-Jesús Franco-Fernández, Irving-Yovany Romero -Muñoz, Javier Piloni-Martini</i>	
28	Composito funcional: quitosano entrecruzado con fibra de celulosa por procesos no tóxicos	649
	<i>Belén Chamorro, José Luis Hernández, Beatriz Moreno, Diana Alonso</i>	
29	Capacidad antioxidante y contenido de ácido ascórbico en Berro (<i>Nasturtium officinale</i>)	657
	<i>Marisol Castillo, Josué Del Ángel, Enrique Flores, Enrique Bonilla, Fernando Ortiz</i>	
30	Producción de liposomas por el método inyección de etanol	663
	<i>Citlali Gutiérrez Bacilio, Lucimara Gaziola de La Torre, Denis Cantú Lozano</i>	
31	Determinación de glucovainillina y fenoles volátiles en frutos de <i>Vanilla planifolia</i> de la región de la Chinantla	668
	<i>María Esther Alonso Palacios, Araceli Pérez Silva, Jesús Rodríguez Miranda, Fabiola B. Tavares González, Ernestina Paz Gamboa</i>	
32	Extracción e identificación de metabolitos secundarios en extracto hexánico de propóleos	675
	<i>Delia Hernández Romero, Esmeralda Sánchez Pavón, José Serafín Calderón Pardo, Raúl Colorado Peralta, Elizabeth Márquez López</i>	
33	Síntesis eficiente de complejos luminiscentes $[H_2NMe_2]_3[Ln(pda)_3](Ln = Sm, Eu, Tb)$ mediante técnicas solvotérmicas.	682
	<i>Alan Genaro Viveros Andrade, Rodolfo Peña Rodríguez, Alfredo Alberto Morales Tapia, Raúl Colorado Peralta, José María Rivera Villanueva</i>	
34	Síntesis de materiales adsorbentes $LiMg_2Ox$ para la captura de CO_2	690
	<i>Dora María Frías Márquez, Alida Elizabeth Cruz Pérez, Cecilia Ortiz Domínguez, Ebelia Del Ángel Meráz, Enelio Torres García</i>	
35	Cinéticas de degradación anaerobia de excretas bovinas para la producción de bioenergéticos	697
	<i>José Ulises Roa Rosas, Arturo Alvarado Lassmann, Norma Alejandra Vallejo Cantú, Juan Manuel Méndez Contreras, Alejandro Alvarado Lassman</i>	
36	Análisis termodinámico y de emisiones contaminantes de un motor diésel experimental con biodiesel como combustible	705
	<i>V.H. Castillo Barragán, Raúl Lugo Leyte, Edgar Vicente Torres González, Alejandro Torres Aldaco, H.D. Lugo Méndez</i>	
37	Aprovechamiento de la materia orgánica presente en el lactosuero para la producción de bioenergéticos	713
	<i>José Luis González García, Arturo Alvarado Lassmann, Juan Manuel Méndez Contreras, Norma Alejandra Vallejo Cantú, Alejandro Alvarado Lassman</i>	
38	Producción y caracterización de biodiesel producido de aceite residual	720
	<i>Alejandro Torres, Raúl Lugo, Helen Denise Lugo, Juan Carlos Paredes, J. Cervantes Ruiz</i>	
39	Obtención de Biodiesel a partir de residuos de café agotado por el método Esterificación – Transesterificación	728
	<i>Leticia López - Zamora, Rosa Helena Mendoza Arcos, Maricruz Murillo Espinosa, Roger Manuel Sales Chávez, Gabriel Ríos Cortés</i>	
40	Utilización de biogás para fabricación de quesos en establos lecheros	734
	<i>Arturo Alvarado Lassmann, Armando Toral Alcántara, Norma Alejandra Vallejo Cantú, Albino Martínez Sibaja, Alejandro Alvarado Lassman</i>	

- 41 **Determinación de metales pesados en sedimentos superficiales de la Laguna de las Ilusiones, Villahermosa, Tabasco** 741
José Manuel Cuevas López, Ana Luisa Gómez Calzada, Carmen Maurilio Flores Guzmán, Ebelia del Ángel Meraz
- 42 **Construcción y estudio hidrodinámico de un reactor anaerobio en configuración en paralelo a escala laboratorio** 748
Ana Patricia Juárez, Arturo Alvarado Lassmann, Norma Alejandra Vallejo, Alejandro Alvarado
- 43 **Biolixiviación metálica de rejillas colectoras de un panel fotovoltaico obsoleto por *Sphingomonas* y *Pseudomonas*** 754
Manuel López Sosa, Rosalba Argumedo Delira, Gabriela Sánchez Viveros, Alberto Del Ángel Hernández
- 44 **Estudio de la fluidización de un soporte limpio y colonizado en un Reactor de Lecho Semifluidizado Inverso (RLSFI)** 761
Emilio Domínguez Hernández, Norma Alejandra Vallejo Cantú, Alejandro Alvarado Lassman, Juan Manuel Méndez Contreras
- 45 **Recuperación del aluminio y polietileno del envase multicapas mediante una mezcla de solventes orgánicos** 768
Ilse Pamela Cortés, Ángel Eduardo Márquez, Guillermina Pérez, Pablo Montes

Caracterización físico-mecánica de la interacción proteína sérica – almidón en la elaboración de películas comestibles

A. Vargas-Torres¹, Heidi M. Palma-Rodríguez¹, R. Salgado-Delgado², M.G. Torres-Cardona¹ y M.A. Meza-Nieto^{1*}

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Rancho Universitario Av. Universidad Km 1 Ex Hda. de Aquetzalpa Tulancingo, Hgo. México CP 43600

²Instituto Tecnológico de Zacatepec, Posgrado-Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Calzada Tecnológico Número 27, Zacatepec, Morelos, México, C.P. 62780

[*mezal68@gmail.com](mailto:mezal68@gmail.com)

Área de participación: Ingeniería química

RESUMEN

Se elaboraron películas comestibles a partir de almidón de plátano en mezclas con proteínas séricas de la leche. Se estudió el efecto de adición de proteínas (α -LA, β -LG A o β -LG B) sobre la solubilidad, permeabilidad y las propiedades mecánicas en las películas. Las películas que contenían proteína sérica presentaron mejor solubilidad que aquellas elaboradas solo con almidón de plátano. Sin embargo, fueron menos permeables al vapor de agua. Las películas elaboradas con α -LA/almidón de plátano presentaron un mayor esfuerzo a la tensión y módulo elástico que las adicionadas con β -LG A o β -LG B. La adición de proteínas séricas a la matriz polimérica del almidón podría ser una alternativa en la industria de empaquetado de alimentos, ya que se mejora la matriz estructural de estas películas biodegradables.

Palabras clave: Películas, almidón de plátano, proteínas séricas

Abstract

Edible films were prepared from banana starch and serum proteins of the milk. The effect of the addition of proteins (α -LA, β -LG A or B β -LG) on solubility, permeability and mechanical properties were studied in the films. The films that contain serum protein showed better solubility than those made with banana starch alone. However, they were less permeable to water vapor. Films blends with α -LA/ banana starch showed the higher tensile strength and elastic module than that blends with β -LG A or β -LG B. The addition of serum proteins to the polymer matrix of the starch could be an alternative in the food packaging industry, since these structural matrix of biodegradable films is improved.

Introducción

Uno de los principales problemas de contaminación ambiental, son los generados por la disposición final de los polímeros sintéticos derivados de petróleo conocidos comúnmente como plásticos. Ante esta problemática, se han sugerido la utilización de otros materiales biodegradables como almidones y harinas provenientes de plantas, así como proteínas de origen animal, en sustitución de los derivados del petróleo para la elaboración de películas con potencial uso para la industria alimentaria. Las principales proteínas séricas de la leche son la β -lactoglobulina (β -LG) y la α -lactoalbúmina (α -LA) con un 50 y 20 % de la proteína total respectivamente [Schoker y Col., 2000], ambas son de tipo globular y polimórficas, ya que presentan sustitución de dos aminoácidos en la cadena polipeptídica del gen [Aschaffenburg y Drewy, 1955], dando origen a las variantes genéticas. Las variantes A y B de la β -LG, son las más comunes y la diferencia entre ellas es la sustitución del ácido aspártico y la valina en la posición 64 y 118 por una glicina y una alanina respectivamente, lo que permite la formación de la variante B [Ng-Kwai-Hang y Grosclaude, 1992]. Las dos variantes de la β -LG, en su estructura molecular contienen dos puentes disulfuro y un grupo tiol (SH) libre [Hambling, y Col., 1992], mientras que la α -LA en su estructura cuenta con cuatro enlaces disulfuro y no tiene grupos SH libres [Nicolai y Col., 2011]. Estas características endémicas de estas proteínas podrían ser una buena alternativa a ser utilizada con polímeros naturales como agentes de reforzamientos estructural. Hay reportes de que estas proteínas tienen

capacidad de gelificación, emulsificación y la capacidad de formación de empaques amigables con el medio ambiente [de Wit, 1998 y Chandra y Rustigi, 1998]. En este sentido, el uso de almidones de fuentes no convencionales como lo es el almidón de plátano podría ser una alternativa a ser utilizado en mezcla con las proteínas para la formación empaques biodegradables [Nicolai y Col., 2011]. El objetivo de este trabajo fue la caracterización físico-mecánica de las películas biodegradables de almidón de plátano en mezcla con las diferentes proteínas séricas obtenidas de la leche.

Metodología

Reactivos

Todos los reactivos fueron de grado analítico, los estándares de proteína: α -LA (85% de pureza), β -LG A y β -LG B (100 % de pureza), así como el detergente Tween 20 fueron de Sigma Chemical Co. (St.Loui, MO). El amortiguador de Boratos (0.3 M, pH 8.5) con polímero modificado fue de Bio-Rad laboratorios (Hercules, CA). El cloruro de sodio y glicerol fueron de,

Identificación y preparación de las muestras de leche

Las muestras de leche de vacas individuales proveniente del hato lechero de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, se identificaron para las proteínas de la β -LG, y α -LA por medio de electroforesis capilar en zona (ECZ) utilizando la técnica de Olguín-Arredondo y Vallejo-Córdoba [1999]; Se utilizaron estándares analíticos disponibles comercialmente para identificar cada una de las proteínas A y B de la β -LG y de la α -LA.

Una vez identificadas las leches para la β -LG A y β -LG B se tomaron 1000 mL de leche y se pesaron, para su posterior separación de la materia grasa en una centrifuga (Sorvall SLA-1500) a 4 °C, 11,000 rpm, por 20 min. Posteriormente por decantación se obtuvo la leche descremada. La coagulación de la leche se hizo mediante la coagulación con HCL 4 N hasta tocar el punto isoeléctrico de las caseínas (4.6); La separación de las proteínas caseicas y séricas se realizo utilizo las mismas condiciones de centrifugación. Por decantación se obtuvo el suero y este fue vertido en vasos de precipitado para su posterior análisis.

Separación y purificación de β -LG y α -LA

Del suero obtenido se realizó la separación y purificación de las proteínas β -LG A , β -LG B y α -LA utilizando la técnica de salado a pH ácido (2.0), propuesta por Maillart y Ribadeau-Dumas[1988]. Purificadas las proteínas fueron liofilizadas y almacenadas a -20°C hasta su utilización.

Elaboración de biopelículas almidón-proteína

El almidón de plátano (*Musa paradisíaca*), fue obtenido utilizando la técnica de [Flores-Gorosquera, 2004]. La elaboración de películas a partir de almidón de plátano adicionadas con proteínas séricas α -LA, β -LG A y β -LG B, consistió en formar una mezcla con 4 gramos de almidón de plátano y 0.5 gramos de proteína sérica, 1.6 mL de glicerol y 100mL de agua destilada en cada concentración. La solución se homogenizo en un dispersor marca polytron System (modelo PT 2100) a 11,000 rpm por 10 minutos, con una temperatura inicial de 40 °C hasta alcanzar 85°C de temperatura final. Posteriormente fue vertido 30 mL de la mezcla de proteína-almidón en cajas petri colocándolas en una estufa de aire forzado a temperatura de 40°C por 24 horas. Pasado este tiempo las películas fueron retiradas de las cajas petri con mucho cuidado y almacenadas hasta su utilización.

Porcentaje de solubilidad

Se cortaron piezas de cada película con dimensiones de 2 x 3 cm, se colocaron en un desecador provisto de silica gel con una humedad relativa cercana al 0 % durante siete días. Pasado este tiempo cada pieza fue pesada y colocada en un vaso de precipitado que contenía 80 mL de agua destilada. Durante una hora se agitaron a 125 rpm y a una temperatura de 60 °C. Se filtraron y secaron en una estufa a una temperatura de 60 °C durante 2 horas y se pesaron. El porcentaje de solubilidad fue calculado mediante la diferencias de pesos y multiplicando por 100.

Permeabilidad al vapor de agua

La permeabilidad al vapor de agua (PVA) de las películas, se determino utilizando el método gravimétrico estándar de la ASTM, E 96-80 (ASTM, 1989) conocido como el “método de la copa” o “celda de prueba”, se cortaron las películas de forma circular con un diámetro de 7cm convenientes de cada celda, equilibrándolas a una humedad relativa del 57% durante 48 h. Se midió el espesor con un micrómetro digital 0-1 (marca 14404) en 10 puntos distintos de cada círculo de la película cortada y posteriormente se colocó la película en la parte superior de cada celda. En el interior de cada celda se colocaron 40 mL de silica gel para generar una humedad relativa del 0 %, cada celda se colocó en un desecador provisto de solución saturada de cloruro de estroncio al 70% de humedad relativa (HR). Se registraron los cambios en el peso de las celdas cada hora durante 8 horas. Mediante ecuaciones matemáticas se determinó Velocidad de Transmisión al Vapor de agua medida (VTVA_m) y PVA.

Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas consistieron en la determinación del esfuerzo máximo a la ruptura (MPa), el módulo de Young (MPa), y el porcentaje de elongación (%) de las películas plásticas. Estas se realizaron de acuerdo al estándar ASTM-882-95, se utilizó un texturómetro TA-HDi (stable micro System, texture analyser) utilizando una celda de carga de 50kg. Se cortaron rectángulos de cada película con dimensiones de 7 cm de largo por 1 cm de ancho los cuales fueron almacenados durante 48 horas en un desecador a una humedad relativa del 57% provista de solución saturada de bromuro de sodio (NaBr). Se colocaron entre las mordazas de sujeción y la separación entre las pinzas fue de 5 cm. Se colocó 1 cm del rectángulo de la película en cada una de las pinzas de sujeción. Utilizando una velocidad de tensión de 24 mm min⁻¹.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar y se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), para probar el efecto de la solubilidad, permeabilidad al vapor de agua, y las propiedades mecánicas de las películas elaboradas a partir de almidón de plátano y proteína sérica de la leche. Las propiedades de permeabilidad y solubilidad de las películas se realizaron por triplicado, mientras que las propiedades mecánicas se probaron en 15 repeticiones.

Resultados y discusión

Solubilidad

En la figura 1 se muestra el porcentaje de solubilidad de las películas elaboradas con almidón de plátano (control) en mezcla con proteínas séricas. La película control mostró una diferencia significativa ($\alpha=0.05$), cuando fue comparada con las películas que contienen proteína sérica. Las películas con α -LA, presentaron la mayor solubilidad (32.42 %); y la control la menor (7.2%). Las películas que contenían proteínas de β -LG-B o β -LG-A mostraron una solubilidad promedio de 20%. Los datos mostraron un incremento en la solubilidad de las películas al adicionar proteínas séricas. Sothornvit y Krochta [2001], reportaron el efecto de diferentes plastificantes en mezcla con β -Lactoglobulina (β -LG) para la elaboración de películas. Encontrando una buena compatibilidad entre esta proteína y los plastificantes, atribuyendo este comportamiento al carácter hidrófilico de la proteína sérica y de los plastificantes usados. Concordando con los resultados obtenidos en este estudio, ya que las películas en mezcla con las proteínas séricas presentaron los mayores valores de solubilidad. Sin embargo, la diferencia de la solubilidad entre las proteínas séricas α -LA y β -LG en la película puede ser debido al tamaño, forma, diferencia en los aminoácidos, peso molecular y estructura química que presenta cada proteína [Sothornvit y Krochta 2001; Nicolai y Col., 2011].

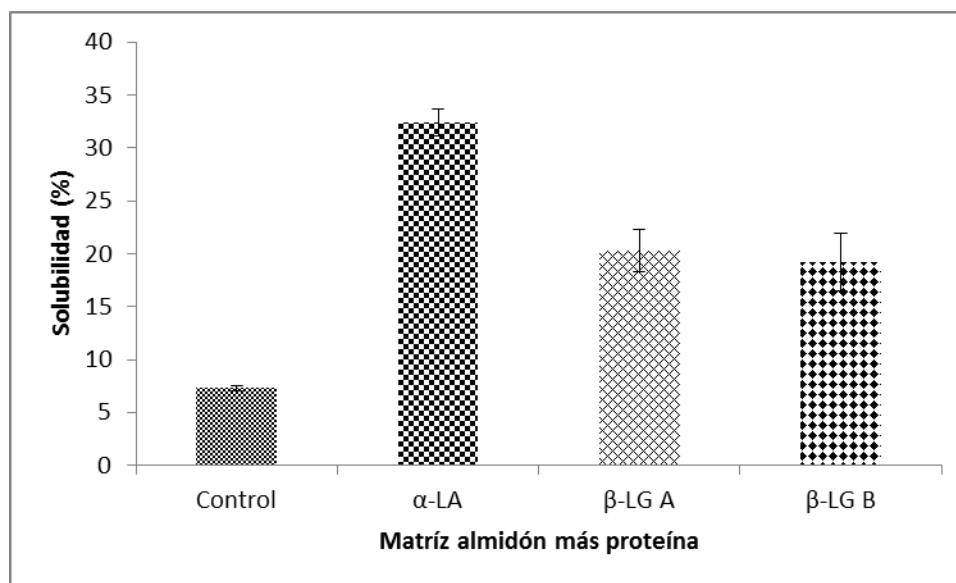


Figura 1.-Solubilidad de películas elaboradas con almidón de plátano en mezcla con proteínas séricas de la leche. Control (Almidón de plátano), α-LA (α-Lactoalbúmina),β-LG A (β-Lactoglobulina A),β-LG B (β-Lactoglobulina B).

Permeabilidad al vapor de agua (PVA)

En la figura 2, muestra los valores de PVA en donde se observa que la adición de las proteínas séricas no afectaron este parámetro, ya que no se mostraron diferencias estadística significativa ($\alpha=0.05$) entre ellas. Aunque una ligera reducción fue encontrada cuando las películas que contenían proteínas fueron comparadas con el control. Leuangsukrerk y Col.,[2014], reportaron el mismo comportamiento, que el encontrado en este estudio. Atribuyendo este fenómeno químico a la adición de proteínas aisladas del suero de leche, ya que contiene enlaces di-sulfuro lo que mejora la adhesión inter e intra-molecular entre los polímeros que conforman la película, lo que podría estar provocando un camino más tortuoso a la molécula de agua a través de la matriz polimérica proteína-almidón. En este mismo sentido, estudios realizados en películas de cera de candelilla en mezcla con proteínas de suero de leche elaboradas por extrusión y casting se reportó una reducción en los valores de PVA para ambos procesos, comparando con su respectivo control, atribuyendo este comportamiento a una mejor distribución de la proteína en la matriz de la película Janjarasskull y Col.,[2014]. Dicho fenómeno podría estar pasando en las películas aquí analizadas.

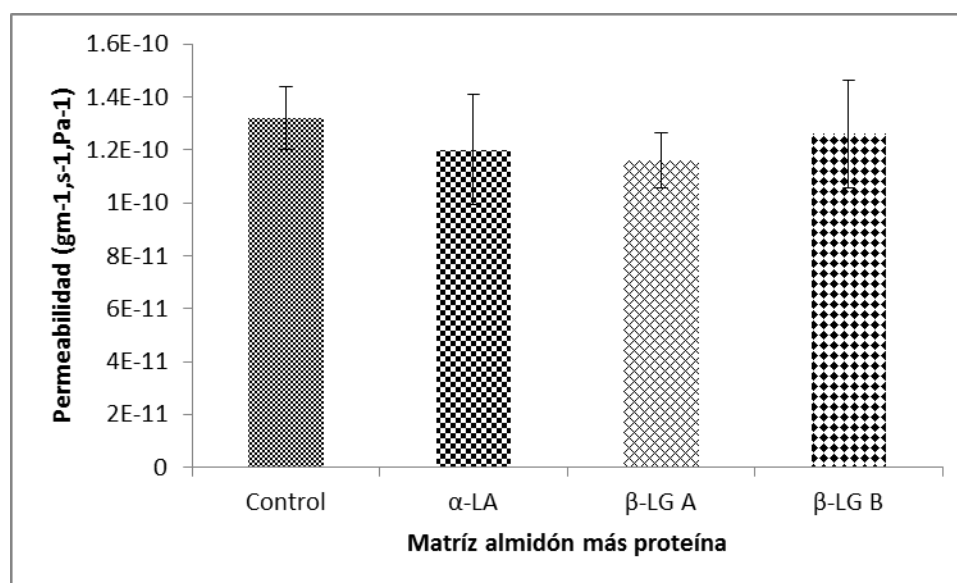


Figura 2.- Permeabilidad al Vapor de Agua (PVA) de película elaboradas con almidón e plátano en mezcla con proteínas séricas de la leche. Control (Almidón de plátano), α-LA (α-Lactoalbúmina), β-LG A (β-Lactoglobulina A), β-LG B (β-Lactoglobulina B).

Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas se muestran en la tabla 1. La adición de proteínas a la matriz de almidón mejoró las propiedades mecánicas, ya que fue observado un incremento en los valores del módulo elástico y esfuerzo a la ruptura en todas las películas, parámetros mecánicos importantes en la caracterización de estas. Sothornvit y Krochta [2001], reportaron las propiedades mecánicas de películas elaboradas con β-lactoglobulina en mezcla con diferentes plastificantes. Encontrando que el peso molecular del plastificantes afecta las propiedades mecánicas. Ellos reportaron valores para el Esfuerzo a la tensión y módulo elástico de 150 y 4.98 Mpa, respectivamente, cuando utilizaron glicerol como plastificante. En este estudio se realizó un separación de la proteína β-lactoglobulina (β-LG) separándose en proteína β-LG A y β-LG B, encontrando que la película que contenía la β-LG B, mostro un incremento en las propiedades mecánicas (ver tabla 1), al ser comparadas con la β-LG A, indicando que esta proteína (β-LG B) tiene un mayor efecto en las propiedades mecánicas de manera individual que juntas como β-LG. Este puede ser debido a cambio intermolecular de los aminoácidos en la cadena poli-peptídica de la proteína, y a la velocidad de agregación de estas presentan [Nicolai y Col., 2011]. Por otro lado, la película que contiene la proteína β-LA mostro los mayores valores en esfuerzo a la tensión y módulo elástico que la β-LG (β-LG A y β-LG B), mostrando una diferencia estadística significativa ($\alpha=0.05$) entre ellas. Comportamiento inverso fue mostrado en el parámetro elongación al rompimiento, observando el menor valor para este parámetro. El incremento en las propiedades mecánicas en esta película que contiene β-LA puede ser debido al peso molecular de la proteína. Nicolai et al 2011, reportaron una masa molar de 18.2 kg mol⁻¹ y 14.2 kg mol⁻¹ para β-LG y β-LA, respectivamente. Sothornvit y Krochta [2001] reportaron la dependencia de este tipo de proteína con los plastificantes de diferentes pesos moleculares. Encontrando que bajos pesos moleculares producen una mayor plastificación en las películas, que los altos pesos moleculares, lo que concuerda con los resultados aquí obtenidos. Otro factor que puede estar influyendo este comportamiento puede ser la diferencia en el contenidos de enlaces sulfuros, 4 para α-LA y 2 para β-LG (Nicolai y Col., 2011). Se ha reportado que este tipo de enlaces mejoran la estabilidad de estas proteínas [Wang y Col., 2013], lo que podría estar causando un efecto de reforzamiento en la matriz de la película.

Cuadro 1. Propiedades mecánicas de películas elaboradas con almidón de plátano en mezcla con proteínas séricas de la leche.

Muestra	Esfuerzo a la tensión (Map)	Modula elástico (Mpa)	Elongación a la ruptura (%)
Control	2.78±0.31 ^c	47.52±0.94 ^d	36.92±1.17 ^c
α-LA	15.50±2.52 ^a	203.07±48.67 ^a	16.81±3.95 ^b
β-LG A	3.13±0.74 ^c	60.28±4.49 ^c	29.17±5.64 ^a
β-LG B	6.90±0.83 ^b	127.20±20.20 ^b	19.63±3.33 ^b

Trabajo a futuro

Con base en los resultados obtenidos, se pretende realizar la caracterización de las películas a través de FTIR, los cuales indicarán una posible unión química intra e intermolecular. Derivado de esto se podrá tomar la decisión de una posible aplicación en alimentos industrializados (frutas, panadería y lácteos).

Conclusiones

Cuando se mezcla el almidón de plátano y las principales proteínas séricas de la leche, α-LA, β-LG A y β-LG se pueden elaborar películas comestibles, dando como resultado mejores propiedades mecánicas, películas más firmes y menos permeables al vapor de agua. Estos resultados permitirán a futuro estudiar la interacción química intra e intermolecular de la mezcla de ambos polímeros (almidón-proteína) para su utilización en la industria alimentaria.

Referencias

- Aschanffernbug, R. and Drewy, J. (1955). Occurrence of different β-lactoglobulin in cow's milk. *Nature*. **(176)** 218-219.
- Chandra, R. and Rustgi, R. (1998). Biodegradable polymers. *Progress in Polymer Science*. **(7)** 1273-1335.
- de Wit, J.M. (1998). Nutritional and functional Characteristics of whey proteins in food products. *J. of Food Sci.* **(81)** 597-608.
- Flores-Gorosquera, E.; García-Suarez, F.J., Flores-Huicochea, E. y Nuñez-Santiago, M.C. (2004). Rendimiento del proceso en la extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa parasítica*). Estudio en planta piloto. *Acta Cient. Venez* **(55)** 86-90.
- Hambling, S.G.; McAlpine, A.S. and Sawyer, I. (1992). β-Lactoglobulin. : P.F. Fox (Ed). *Advanced dairy Chemistry*. Volumen -1. Proteins. London Elsevier Applied Science Publishers. **(15)**.
- Janjarasskul, T.; Raunch, D.J.; McCarthy, K.L. and Krochta, J.M. (2014). Barrier and tensile properties of whey protein – candelilla wax film/sheet. *LWT-Food Science and Technology* **(56)** 377-382.
- Leuangasukrer, M.; Phupoksakul, T.; Tananuwong, K.; Borompichaichartkul, C and Janjarasskul, T. Properties of konjac glucomannane whey protein isolate blend films. *LWT-Food Science and Technology* **(59)** 94-100.

Maillart, P. and Ribadeau-Dumas (1988). Preparation of β -Lactoglobulin and β -Lactoglobulin-free proteins from whey concentrate by NaCl salting out at low pH. *J. Food Sci.* (53) 743-745.

Ng-kwai-Hang, K.F. and Grosclaude, F. (1992). Genetics polymorphisms of milk proteins. In: P.F. Fox (Ed). *Advanced dairy Chemistry. Volumen -1. Proteins.* London Elsevier Applied Science Publishers. (15) 699-792.

Nicolai, T., Britten, M and Schmit, C. (2011). β -Lactoglobulin and WPI aggregates: Formation, structure and applications. *Food Hydrocolloids.* (25) 1945-1962.

Olgún-Arredondo, A y Vallejo-Córdoba, B. (1999). Separation and determination of β -Lactoglobulin variants A and B in cow's milk by capillary free zone electrophoresis. *J. Capillary Electrophoresis and Microchip Technology* (006/6) 145-149.

Schokker, E.P.; Sing, H. and Creaner, L.K. (2000). Heat-induced aggregation of β -lactoglobulin A or B with α -lactalbumin. *Int. Dairy Journal* (10) 843-853.

Sothornvit, R. and Krochta, J.M. (2001). Plasticizer effect on mechanical properties of β -Lactoglobulin. *J. of Food Engineering.* (50) 149-155.

Wang, Y.; Xiong, Y.L.; Rentfrow, G.K. and Newman, M.C. (2013). Oxidation promotes cross-linking but impairs film-forming properties of whey proteins. *J. of Food Engineering.* (115) 11-19

Evaluación de la textura de galletas enriquecidas con harina de capulín

J. Hernández-Canseco, B. Hernández-Santos, E. Herman-Lara, C. E. Martínez-Sánchez, J. Rodríguez-Miranda*

Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Coordinación de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Av. Dr. Víctor Bravo Ahuja s/n, C.P. 68350. Tuxtepec, Oaxaca.

*jesrodmir@gmail.com, jesrodmir@ittux.edu.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la concentración de harina de capulín (*Muntingia calabura*) sobre la textura de galletas. Se realizó un diseño de experimentos central compuesto con dos variables: concentración de harina de capulín (0 - 35 %) y agua agregada (27 - 37 %), y como variable de respuesta la textura. La harina de capulín mostró mayor ($P < 0.05$) contenido de proteínas (26.29 %), lípidos (13.33 %), cenizas (5.18 %) y fibra cruda (13.33 %), y menor contenido de carbohidratos con respecto a la harina de trigo. El modelo de regresión ajustado a los resultados experimentales mostró una $R^2 = 0.8745$, con un modelo de regresión significativo ($P < 0.0047$). El incremento de la concentración de la harina de capulín produjo una disminución significativa ($P < 0.05$) de la textura (de 12 a 3 N) de las galletas, al igual que al aumentar los niveles de agua añadida.

Palabras clave: *Muntingia calabura*, galletas, harina, textura.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of the concentration of flour capulín (*Muntingia calabura*) on the texture of cookies. Central composite design of experiments was performed with two variables: concentration of capulín flour (0 - 35 %) and added water (27 - 37 %) and as the response variable the texture. Capulín flour showed higher ($P < 0.05$) protein content (26.29 %), lipids (13.33 %), ash (5.18 %) and crude fiber (13.33 %), and lower carbohydrates with respect to wheat flour. The regression model fitted to the experimental results showed an $R^2 = 0.8745$, a significant regression model ($P < 0.0047$). The concentration increased capulín flour produced a significant decrease ($P < 0.05$) of texture (12 to 3 N) in cookies, as well as an increasing levels of added water.

Keywords: *Muntingia calabura*, cookies, flour, texture.

Introducción

Las galletas son ampliamente consumidas en el mundo por su facilidad de comer y su larga vida de anaquel [Agama-Acevedo y col., 2012]. Los principales ingredientes de las galletas incluyen la harina, el azúcar y la grasa. Una variedad de ingredientes menores también se han sugerido para mejorar las propiedades físicas y las cualidades de la alimentación [Chung y col., 2014; Pareyt y Delcour, 2008]. A través del tiempo, se han realizado una serie de estudios para mejorar los valores nutritivos de las galletas, mediante la incorporación de proteína de soya y fibra [Shrestha y Noomhorm, 2002], garbanzo, lenteja [Zucco, y col., 2011], cebada [Gupta y col., 2011], y harina de barrilete negro (*Euthynnus lineatus*) [Delgado-Vidal y col., 2013], así como de la utilización de frutas de las distintas regiones del mundo.

El capulín (*Muntingia calabura*) pertenece a la familia *Muntingiaceae*, es un árbol de 8 a 20 m de altura con un diámetro de 8.5 a 30 cm, sus ramas son delgadas de color castaño con grietas blancas, la corteza es de color castaño grisáceo con grietas blancas. Las hojas son simples, lámina lanceolada, con borde dentado, haz verde

y finamente pubescente. Tiene flores en fascículos pendulados, axilares, con una a tres flores [Figueiredo y col., 2008]. El fruto del capulín son bayas pequeñas rojizas o amarillentas y redondas, son comestibles, jugosas y dulces, contiene en su interior numerosas semillas diminutas de color amarillo inmersas en un arilo de consistencia acuosa [Zakaria y col., 2007]. Se distribuye naturalmente desde México (en algunas regiones tropicales como Nayarit, San Luis Potosí, Veracruz, Oaxaca, Chiapas hasta la Península de Yucatán) a través de América Central y las Antillas hasta Venezuela, Brasil y Perú en América del Sur. Se cultiva por su fruto en florida y como ornamental en las Antillas. Los frutos maduros son muy dulces y se consumen frescos y en forma de jalea, mermeladas, jarabes y miel hechas artesanalmente. La textura es uno de los principales factores que contribuyen a la calidad de las galletas [Chung y col., 2014]. La dureza es la característica de textura más importante para las galletas midiendo la fuerza máxima para romper la galleta [Delgado-Vidal y col., 2013]. Las galletas preparadas a partir de harina de capulín pueden ser una alternativa para dar a conocer esta fruta y fomentar su cultivo en la región de la cuenca de Tuxtepec Oaxaca. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la concentración de harina de capulín sobre la textura de galletas.

Metodología

Materiales

Los capulines se recolectaron en la localidad de Vega del Sol municipio de Santa María Jacatepec, Tuxtepec, Oaxaca, México.

Obtención de la harina

Los capulines se secaron (Estufa Binder, mod. ED 115, Germany) a 60 ± 2 °C. Se molieron en una licuadora (Oster mod. 465) hasta obtener un tamaño de partícula que pasara por la malla 30 (0.59 mm, U.S.A., standard test sieve Astm E-11 Specification W.S. Tyler, USA), se colocaron en bolsas de polietileno selladas a 4 °C hasta su posterior uso.

Análisis químico proximal

La composición química proximal de la harina de capulín se determinó por triplicado de acuerdo a los métodos de la AOAC [2005]: humedad (925.10), cenizas (923.03), grasas (920.39) y proteínas (920.87). El contenido de fibra cruda se realizó por digestión ácido-alcalina [Tejeda, 1992] y el contenido de carbohidratos totales por diferencia.

Elaboración de las galletas

Las galletas fueron elaboradas de acuerdo a la fórmula propuesta por Pérez y col., [2013] con algunas modificaciones. El bicarbonato de amonio fue sustituido por polvo para hornear (Royal), al igual que la azúcar por stevia. La formulación de base fue: harina de trigo (100 g), stevia (5 g), margarina (45 g), huevo entero (10 g), bicarbonato de sodio (1 g), Royal (1 g). La harina de trigo fue sustituida parcialmente por la harina de capulín de acuerdo al diseño de experimentos así como el contenido de agua (purificada). Todos los ingredientes sólidos se colocaron y se mezclaron durante 5 min. El Royal y el bicarbonato de sodio se disolvieron previamente en el agua. Después de mezclar, la masa se colocó en una mesa y se extendieron con un grosor de 4 ± 1 mm y luego se dejaron reposar durante 1 min. La masa se cortó con un molde de 6 cm de diámetro. Las piezas se colocaron en una bandeja y se hornearon a 220 °C durante 8 min. Después de horneados, las galletas se dejaron enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente (25 °C) y se envasaron en bolsas de polipropileno. Todas las muestras se almacenaron a temperatura ambiente.

Textura

La fuerza máxima de ruptura por compresión en las galletas se determinó de acuerdo a lo reportado por Singh y col., [2011] en un Texturómetro Universal Texture Analyser TA-XTplus (Texture Technologies Corp., Sacrsdale NY/stable Microsystems, Haslemere, Surrey, UK), a una velocidad pre-test: 2.0 mm/s, velocidad de ensayo: 0.5 mm/s, velocidad después de la prueba: 10.0 mm/s y distancia de corte: 5 mm. El movimiento descendente se

continuó hasta que la galleta se rompió. La fuerza máxima se reportó como la resistencia a la fractura en Newton. Se realizaron 10 determinaciones por muestra.

Diseño experimental y análisis de datos

Se realizó un diseño de experimentos central compuesto para la elaboración de las galletas con dos variables independientes: la concentración de harina de capulín (0 - 35 %) (X_1) y el agua agregada (27 - 37 %) (X_2) como se muestra en la Tabla 1, usando un paquete estadístico comercial (Design-Expert 7.0.0 Statease Inc., Minneapolis, MN, USA). La variable de respuesta fue la textura de las galletas. La significancia estadística de los términos de la regresión se examinó mediante el análisis de varianza (ANDEVA).

Tabla 1. Factores y niveles del diseño experimental utilizado para la elaboración de las galletas

Factor	Código	Niveles				
		- α	-1	0	+1	- α
Harina de capulín (%)	X_1	0.00	5.13	17.50	29.87	35.00
Agua añadida (%)	X_2	27.00	28.46	32.00	35.54	37.00

$\alpha=1.41421$

Resultados y discusión

Composición química de las harinas

La composición química de las harinas empleadas se muestra en la Tabla 2. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en todos los componentes determinados en las harinas. La harina de capulín mostró mayor contenido de proteínas, lípidos, cenizas y fibra cruda, y menor contenido de carbohidratos, mientras que la harina de trigo presentó el mayor contenido de carbohidratos. Por lo tanto la harina de capulín aportará mayor contenido de proteínas, lípidos, cenizas y fibra cruda. De acuerdo a la Norma oficial Mexicana NMX-F-006-1983, las galletas son productos elaborados básicamente con harinas de trigo, avena o centeno, azúcar y grasa vegetal, cuyo contenido proteico mínimo debe ser de 6 a 8 %.

Tabla 2. Análisis químico proximal de la harina de capulín y harina de trigo (base seca).

Componentes (%)	Harina de capulín	Harina de trigo
Cenizas	5.18 ± 0.24^a	2.75 ± 0.94^b
Grasas	11.02 ± 0.13^a	0.58 ± 0.76^b
Fibra cruda	13.33 ± 0.10^a	0.87 ± 0.50^b
Proteína	26.29 ± 0.74^a	13.07 ± 0.64^b
Carbohidratos	44.19 ± 0.62^a	82.73 ± 0.56^b

Media \pm desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Efecto de la concentración de harina de capulín y contenido de humedad sobre la textura

El modelo de regresión ajustado a los resultados experimentales mostró un valor del coeficiente de correlación (R^2) = 0.8745 (Tabla 3), con un modelo de regresión significativo ($P < 0.0047$), lo que indica la validez de la ecuación para predecir la respuesta. La ecuación de regresión para la textura a cualquier concentración de harina de capulín y agua añadida, dentro de los intervalos establecidos en el diseño está dada por la siguiente ecuación:

$$\text{Textura} = 4.00 - 1.36X_1 - 1.53X_2 + 1.02X_1 * X_1 + 0.72X_2 * X_2 + 0.39X_1 * X_2$$

Los coeficientes de regresión de la textura muestran (Tabla 3) que el contenido de harina de capulín y al agua añadida presentan un efecto ($P < 0.05$) negativo lineal y un efecto cuadrático positivo ($P < 0.05$) presentado por el contenido de harina de capulín.

Tabla 3. Coeficientes de regresión de la ecuación del modelo (factores codificados) para la textura de las galletas

Respuesta	Intercepto	Lineal		Cuadrático		interacción	R^2	P
		X_1	X_2	$X_1 * X_1$	$X_2 * X_2$	$X_1 * X_2$		
Textura	4.000*	-1.361*	-1.530*	1.016*	0.719	0.385	0.8745	0.0047

* Parámetro significativo del modelo ($P < 0.05$). X_1 = Harina de capulín, X_2 = Agua añadida

La superficie de respuesta en la Figura 1A y en la gráfica de contornos Figura 1B se puede observar que el incremento de la concentración de la harina de capulín produjo una disminución significativa de la textura de las galletas, al igual que al aumentar los niveles de agua añadida, encontrando los mayores valores (12 N) de textura en las menores concentraciones de harina de capulín y cantidad de agua añadida.

El coeficiente negativo encontrado en el contenido de harina de capulín indica que al incrementarse la concentración de 0 a 35 % de harina de capulín, la textura disminuye (12 a 3 N) al igual que al incremento del agua añadida de 27 a 37 %. Este efecto probablemente se deba a que al aumentar el contenido de harina de capulín se disminuye la concentración de gluten contenido en la harina de trigo.

Benítez y col., [2008], mencionan que la ausencia de gluten en galletas afecta significativamente la textura, además de ser un constituyente indispensable para la formación de masas. El gluten, por ser una sustancia albuminoide constituida por gliadina y gluteína es responsable de proporcionar una buena textura, debido a que determinadas proporciones producen una masa consistente, tenaz y con enlace entre sí, ofreciendo una determinada resistencia a la que puede darse la forma deseada, resistente a la presión de los gases producidos por la fermentación, para obtener el levantamiento de la masa [Von-Atzingen y col., 2005; Benítez y col., 2008].

La disminución de la dureza con la sustitución de harina de trigo en las galletas podría atribuirse a los cambios en el contenido de gluten y contenido de humedad, además a la degradación de macromoléculas que contribuyeron a la formación de la matriz más débil en la galleta, lo que resulta en la textura más suave. Resultados similares se han observado para las galletas sustituidos con harina de cebada [Gupta y col., 2011], patata y harina de maíz [Singh y col., 2003], harina de arroz [Kim y col., 2002] o harina de frijol blanco [Hoojjat y Zabik, 1984].

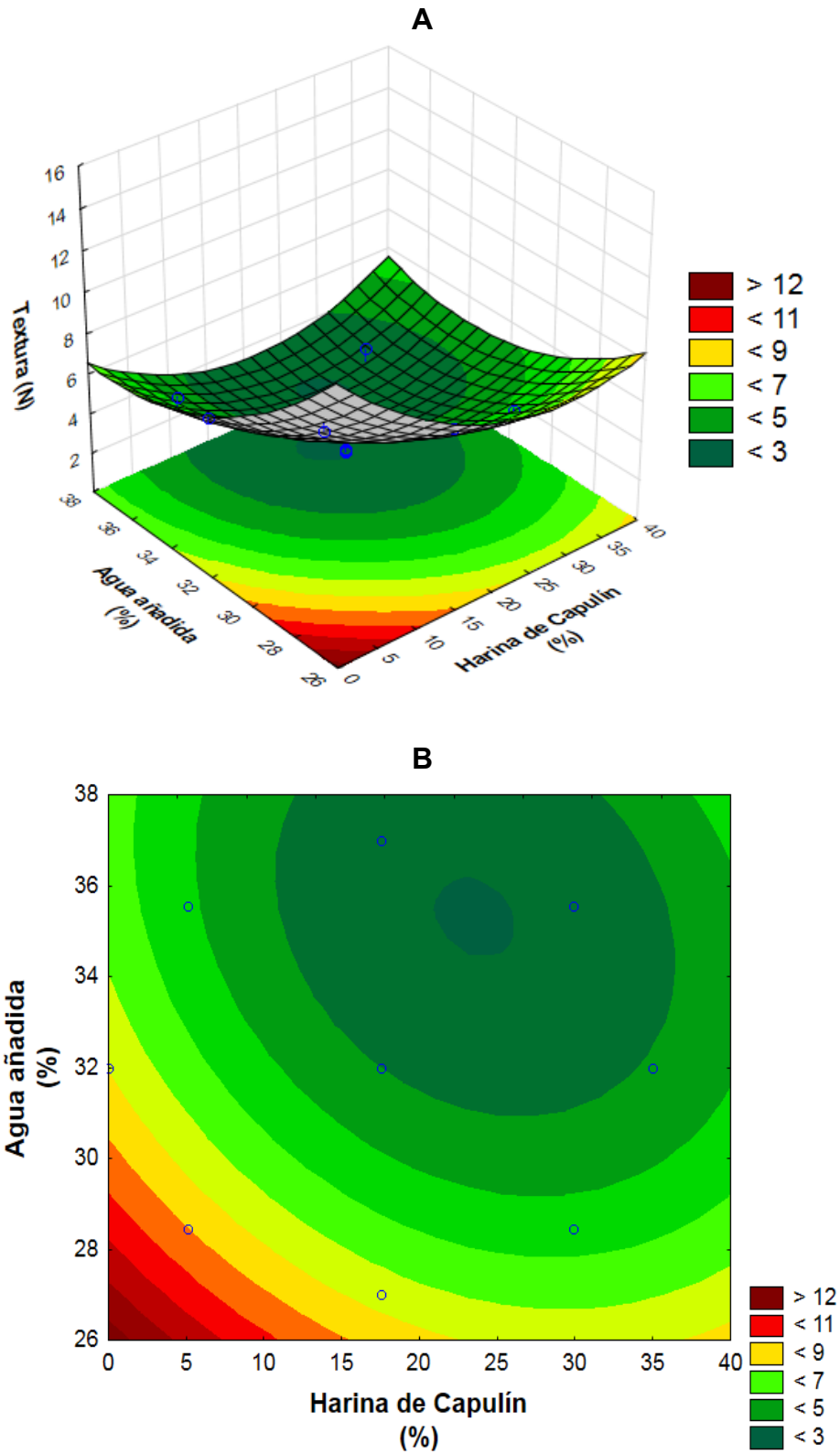


Figura 1. Superficie de respuesta (A) y contorno (B) del efecto del contenido de harina de capulín y agua añadida sobre la textura de las galletas.

Trabajo a futuro

Falta realizar la composición química de las galletas, y evaluar el efecto de la concentración de la harina de capulín sobre los cambios del color de las galletas, así como la evaluación sensorial de las mismas. Además, la optimización de la formulación, con las mejores características físicas y nutricionales y mayor aceptación.

Conclusiones

La harina de capulín mostró mayor ($P < 0.05$) contenido de proteínas (26.29 %), lípidos (13.33 %), cenizas (5.18 %) y fibra cruda (13.33 %), y menor contenido de carbohidratos que la harina de trigo. El modelo de regresión ajustado a los resultados experimentales mostró una $R^2 = 0.8745$, con un modelo de regresión significativo ($P < 0.0047$). El incremento de la concentración de la harina de capulín produjo una disminución significativa ($P < 0.05$) de la textura de 12 a 3 N de las galletas, al igual que al aumentar los niveles de agua añadida, encontrando los mayores valores de textura en las menores concentraciones de harina de capulín y cantidad de agua añadida. El uso de la harina de capulín en galletas elaboradas a base de harina de trigo, constituye una alternativa como fuente de proteínas, fibra y minerales.

Referencias

1. Agama-Acevedo, E.; Islas-Hernandez, J-J.; Pacheco-Vargas, G.; Osorio-Diaz, P. and Bello-Perez, L-A. (2012). Starch digestibility and glycemic index of cookies partially substituted with unripe banana flour. *LWT-Food Sci. Technol.* **(46)** 177-182.
2. AOAC (2005) Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 18th edn (edited by W. Horwitz & G.W. Latimer) Gathersburg, MD, USA: AOAC International.
3. Benítez, B.; Archile, A.; Rangel, L.; Ferrer, K.; Barboza, Y. y Márquez, E. (2008). Composición proximal, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino. *Interciencia* **33(1)** 61-65.
4. Chung, H-J.; Cho, A. and Lim, S-T. (2014). Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. *LWT-Food Sci. Technol.* **57(1)** 260-266.
5. Delgado-Vidal, F-K.; Ramírez-Rivera, E.; Rodríguez-Miranda, J. y Martínez-López, R-E. (2013). Elaboración de galletas enriquecidas con barrilete negro (*Euthynnus lineatus*): caracterización química, instrumental y sensorial. *Ecosistemas Recur. Agropecuarios.* **29(3)** 287-300.
6. Figueiredo, R-A-D.; Oliveira, A-A-D.; Zacharias, M-A.; Barbosa, S-M.; Pereira, F-F.; Cazela, G-N. and Camargo, R-A-D. (2008). Reproductive ecology of the exotic tree *Muntingia calabura* L. (*Muntingiaceae*) in southeastern Brazil. *Revista Árvore.* **32(6)** 993-999.
7. Gupta, M.; Bawa, A-S. and Abu-Ghannam, N. (2011). Effect of barley flour and freeze-thaw cycles on textural nutritional and functional properties of cookies. *Food Bioprod. Process.* **(89)** 520-527.
8. Hoojjat, P. and Zabik, M-E. (1984). Sugar-snap cookies prepared with wheat-navy bean-sesame seed flour blends. *Cereal Chem.* **(61)** 41-44.
9. Kim, H-Y-L.; Lee, I-S.; Kang, J-Y. and Kim, G-Y. (2002). Quality characteristics of cookies with various levels of functional rice flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* **(34)** 642-646.
10. Norma Mexicana NMX-F-006-1983. Alimentos. Galletas. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
11. Pareyt, B. and Delcour, J-A. (2008). The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: A review on sugar-snap cookies. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **48(9)** 824-839.
12. Pérez, S.; Matta, E.; Osella, C.; de la Torre, M. and Sánchez, H-D. (2013). Effect of soy flour and whey protein concentrate on cookie color. *LWT-Food Sci. Technol.* **50(1)** 120-125.
13. Shrestha, A-K. and Noomhorm, A. (2002). Comparison of physicochemical properties of biscuits supplemented with soy and kinema flours. *Int. J. Food Sci. Technol.* **(37)** 361-368.
14. Singh, G-D.; Riar, C-S.; Saini, C.; Bawa, A-S.; Sogi, D-S. and Saxena, D-C. (2011). Indian water chestnut flour-method optimization for preparation, its physicochemical, morphological, pasting properties and its potential in cookies preparation. *LWT-Food Sci. Technol.* **44(3)** 665-672.
15. Singh, J.; Singh, N.; Sharma, T-R. and Saxena, S-K. (2003). Physicochemical, rheological and cookie making properties of corn and potato flours. *Food Chem.* **(83)** 387-393.

16. Tejada, L. (1992). The thermal decomposition of carbohydrates. II. The decomposition of fibre. *Chemistry Biochemistry*, **(47)** 279–393.
17. Von-Atzingen, M., Machado, P. and Silva, M. (2005). Evaluation of texture and color of starches and flours in preparations without gluten. *Cienc. Tecnol. Alim.* **(5)** 319-323.
18. Zakaria, Z-A.; Mustapha, S.; Sulaiman, M-R.; Mat Jais, A-M.; Somchit, M-N. and Abdullah, F-C. (2007). The antinociceptive action of aqueous extract from *Muntingia calabura* leaves: the role of opioid receptors. *Med. Princ. Pract.* **16(2)** 130-136.
19. Zucco, F.; Borsuk, Y. and Arntfield, S-D. (2011). Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. *LWT-Food Sci. Technol.* **(44)** 2070-2076.

Características fisicoquímicas de la pectina obtenida a partir de cáscara de naranja, mango y tejocote deshidratado

M. Guevara Valencia*, V. Medrano Mendoza¹, C. Ortiz Sánchez¹ y C. Díaz Ramos¹

¹Laboratorio de Alimentos. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana. Prolongación de oriente 6 N° 1009, Col. Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Ver. México

* mgvfcq@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

La pectina es un polisacárido de origen vegetal, presente en las plantas, principalmente en sus frutos, tiene propiedades gelificantes, espesantes, emulsificantes, estabilizantes entre otras. La industria requiere grandes cantidades y es necesario encontrar alternativas de obtención que cubran la demanda de este producto ampliamente utilizado. El objetivo de este trabajo es la extracción y caracterización de pectina a partir de sus propiedades fisicoquímicas, empleando como material de partida cáscara de naranja, mango y tejocote deshidratado, residuos que elevarán su valor agregado por destinarse a un proceso industrial y que en México son de alta disponibilidad. Para la obtención de pectina se utilizaron 2000 g de cada una de los productos señalados, mediante hidrólisis ácida con HCl y precipitación con etanol. Las pectinas obtenidas se caracterizaron determinando: porcentaje de rendimiento, acidez libre, porcentaje de humedad, peso equivalente, porcentaje de metoxilación, y grado de esterificación.

Palabras clave: pectinas, gelificante, frutas

Abstract

Pectin is a polysaccharide contained in the cell walls of plants and in their fruits, it has gelling properties as well as thickening and emulsificants among others. Due the large amount that the industry requires of this product it's necessary to find alternatives that meet its demand. This study aimed extraction and characterization of pectin using fruits widely distributed in Mexico (orange, mango and tejocote). It was necessary 2000 g of each peel fruit for the acid hydrolysis method which was carried out for the extraction phase using HCl and ethanol, characterization of pectins was made according with the degree of free acidity, moisture content, equivalent weight, metoxilation and esterification degree.

Key words: pectin, gelling, fruits

Introducción

Las pectinas son hidrocoloides de amplio uso en la industria debido a sus propiedades gelificantes, además se usan en la industria alimentaria como emulsificantes y estabilizantes, en el campo farmacológico como agentes antimetástasis, inmuoestimulantes y antiulcerosos, también es utilizada en odontología, productos cosméticos, manufactura de cigarrillos, conservación del suelo, en medios de cultivo microbiológicos, alimentación animal, etc. (Mesbahi, 2005).

Son heteropolisacáridos complejos que contienen dos regiones definidas (Visser, 2003; Pérez *et al.*, 2000). “La región lisa” u homogalacturano (HG) consiste en un esqueleto de residuos de ácido D-galacturónico unidos mediante enlaces α (1-4); los cuales pueden estar acetilados en el C-2 o en el C-3, o metilados en el C-6. Y una región rugosa o ramnogalacturano I (RG I) es un heteropolímero en el que los residuos de ácido D-galacturónico del esqueleto están interrumpidos por residuos de L-ramnosa unidos por enlaces α (1-2), a los cuales pueden unirse largas cadenas de arabiano y galactano mediante el C-4 (Vries-De, 1998). Aquí cada 25 unidades de ácido galacturónico de la cadena principal se reemplaza con ramnosa. Los azúcares neutros encontrados en la molécula de pectina son principalmente D-galactosa L-arabinosa y D-xilosa cuyos tipos y proporciones varían dependiendo del origen de la pectina.

Las propiedades de las pectinas que pueden variar según la materia prima empleada para su extracción son:

a). Capacidad de formar geles o grado de gelificación de las pectinas.

Se define como el número de gramos de azúcar con los cuales un gramo de pectina forma un gel de firmeza estándar, bajo condiciones también controladas de acidez y sólidos solubles. Los gramos de azúcar requeridos para formar el gel se expresa como grados SAG. La pectina es el agente formador de gel, mientras que los sólidos (azúcar) y el ácido son los agentes modificadores que logran la transformación física de esta, convirtiendo el jarabe en gel. Las pectinas comerciales de buena calidad tienen grados de gelificación entre 150 y 130° SAG (Ramírez., 2000).

La disolución completa supone la dispersión sin agrupar; si se permite que se formen grumos de pectina, son sumamente difíciles de disolver. Un gel de pectina puede observarse como un sistema en el cual el polímero está en un estado entre totalmente disuelto y precipitado. Se teoriza, que los segmentos de las cadenas moleculares se unen por una cristalización limitada para formar una red tridimensional en la cual el agua, el azúcar y otros solutos quedan atrapados. La formación de un gel, desde un estado donde el polímero está totalmente disuelto, es producida por cambios químicos o físicos que tienden a disminuir la solubilidad de la pectina y esto favorece la formación de la cristalización local. Los factores más importantes que influyen en la solubilidad de la pectina (tendencia a melificar) son: temperatura, composición molecular de la pectina (el tipo de pectina), pH, azúcar y otros solutos, además de iones calcio (Acevedo Berger, 2011).

b). Peso molecular.

Se encuentra en un amplio intervalo entre 2.500 a 1.000.000 g/mol, según la fuente de extracción y de los derivados de las sustancias pécticas encontradas (Acevedo Berger, 2011). El peso molecular de la pectina está muy relacionado con la longitud que tenga la cadena, y varía dependiendo de la fuente de origen y de las condiciones de extracción. Éste constituye una característica muy importante de la que dependen la viscosidad de sus disoluciones y su comportamiento en el proceso de gelificación. Sin embargo, la determinación precisa del peso molecular es muy difícil y costosa, debido a la heterogeneidad que tienden a presentar las muestras y parcialmente debido a la tendencia que tienen las pectinas a agregarse, aún bajo condiciones no favorables para la gelación; además, una descripción precisa de los pesos moleculares necesita información sobre la distribución estadística de los tamaños moleculares (Gamboa, 2009).

c). Grado de esterificación.

Se define como el porcentaje de grupos carboxilúricos que se esterifican con metanol. La determinación de este porcentaje requiere la medida del contenido de metoxil éster y del ácido anhídrouónico. Permite determinar la capacidad de gelificación de la pectina (Acevedo Berger, 2011). Un factor importante que caracteriza las cadenas de pectina es el grado de esterificación (DE) de los grupos carboxilos de los residuos de ácido urónico con alcohol metílico las pectinas probablemente se forman inicialmente en forma altamente esterificada, pero experimentan algo de desesterificación después de insertarse en la pared celular o lámina media. Hay una amplia gama de grados de esterificación dependiendo de especies, tejido y madurez. En general las pectinas del tejido tienen una gama de grados de esterificación que va del 60% al 90%. El grado de metilación tiene un papel muy importante en la firmeza y cohesión de los tejidos vegetales. La reducción del grado de metilación tiene como consecuencia un aumento de la cohesión que particularmente es evidente en tejidos calentados (Alfonso García, 2010).

d). Viscosidad.

Las soluciones de pectina pueden presentar valores de viscosidad altos o bajos, según la calidad y materia prima utilizada en la extracción. Aquellas cuya viscosidad es más alta son empleadas para la elaboración de mermeladas. Las soluciones de pectina generalmente muestran viscosidades más bajas en comparación con otras gomas y espesantes. Concentraciones diferentes de azúcares o calcio, al igual que el pH afectan la viscosidad de diferentes maneras.

e). Solubilidad en agua.

La pectina purificada y seca, es soluble en agua caliente (70-80°C) hasta 2 a 3% formando grupos viscosos por fuera y secos por dentro, razón por la cual siempre se mezclan con azúcar, sales amortiguadoras u otras sustancias químicas. Debe estar plenamente disuelta para evitar la formación heterogénea de gel. La pectina comercial muestra una gran afinidad con el agua, el cual lleva prácticamente a la creación de coágulos al tiempo de la disolución, la adición del azúcar reduce la solubilidad previniendo la aparición de estos (Acevedo Berger, 2011).

f). Acidez.

Las soluciones de pectina son estables bajo condiciones ácidas (entre pH de 3.2-4.5) incluso a altas temperaturas, también por algunas horas a temperatura ambiente bajo condiciones más alcalinas, pero degrada rápidamente a altas temperaturas.

g). Estabilidad en solución.

La mayoría de las reacciones a las cuales se somete la pectina tienden a degradarla. En general, la estabilidad máxima se obtiene a pH de 4. La presencia de azúcar en la solución tiene un cierto efecto protector, a temperaturas elevadas y valores de pH bajos aumentan el grado de degradación debido a la hidrólisis de uniones glicosídicas, también se ve favorecida la desesterificación a pH bajos. Para pectinas de alto metoxilo, cuando la temperatura o pH aumenta, comienza lo que se llama -eliminación, lo cual es una ruptura en la cadena y una pérdida rápida de las propiedades de viscosidad y gelificación. Las pectinas de bajo metoxilo muestran una mejor estabilidad en estas condiciones (Acevedo Berger, 2011).

Se obtienen de recursos vegetales que tienen un alto contenido de éstas, tales como manzanas, frutas cítricas, maracuyá, remolacha, etc. siendo atractivas desde el punto de vista económico y ecológico, el tejocote y el mango.

Anualmente se producen 35 000 Ton de pectina en el mundo, México es el principal productor con más de 16000 Ton anualmente (MERCOSUR, 2011) y tradicionalmente se obtiene a partir de la cáscara de naranja.

México es un buen productor de mango y tejocote, aprovechar estos frutos les proporcionaría un valor agregado; ya que en el caso de la cáscara de mango ésta se desecha y se descompone al aire libre, y al utilizarla como fuente de obtención de pectina, la convierte en un recurso de gran valor; con respecto al tejocote, su producción se incrementaría al destinarse a un proceso industrial.

La importancia comercial de la pectina se debe predominantemente a su habilidad única de formar geles untables ante la presencia de un agente deshidratante (azúcar) a un pH cercano a 3 y/o en presencia de iones calcio (jaleas, mermeladas de fruta sólida).

El contenido de ácido galacturónico, grado de metilación, tamaño molecular, distribución de los grupos carboxilo, y por lo tanto la carga en la molécula son importantes para las propiedades funcionales de las soluciones de pectina y pueden afectar la estructura y propiedades texturizantes de los geles (Rincón, 1990).

Las pectinas son ampliamente empleadas en la industria alimentaria, en donde se ha utilizado como espesante, texturizante, emulsionante y estabilizante. Así como también como agente gelificante en mermeladas y jaleas, como material de relleno y estabilizador en productos de confitería, productos lácteos, preparados de frutas y vegetales, rellenos de repostería, glaseados y escarchados, como sustituto de grasa en aderezos para ensaladas, helados y productos cárnicos emulsionados (Liu *et al.*, 2006).

También se emplean en otras industrias, como la farmacéutica, que requieren modificar la viscosidad de sus productos, y en la industria de los plásticos así como en la fabricación de productos espumantes, como agente de clarificación y aglutinantes (Pineda, 2003).

Metodología

Material biológico

Se utilizó tejocote (*Crataegus mexicana*) deshidratado (68% de humedad), cáscara de mango (*Mangifera indica*) y cáscara de naranja (*Citrus Sinensis* Osbeck); los cuales fueron adquiridos en la central de abastos de la ciudad de Orizaba, Veracruz. El tejocote deshidratado presentaba características físicas homogéneas; el mango utilizado estaba verde, con la cáscara sin daños, de color homogéneo, brillante y sin rupturas, la naranja, se encontraba en buen estado, sin daños visibles o manchas, el color de la cáscara era homogéneo, brillante, sin rupturas y el fruto altamente jugoso.

El mango y la naranja fueron lavados con suficiente agua potable y jabón, enseguida se secaron, cuidando no dañar la cascara, en el caso del mango con la ayuda de una espátula, se separaron los residuos de pulpa, en relación a la naranja, con un cuchillo se retiró el albedo. Con respecto al tejocote se hizo una selección detallada, seleccionándolas con características similares, uniformes, sin semillas; posteriormente, se lavaron con suficiente agua potable, para eliminar tierra y desechos orgánicos

Obtención de pectina

Para la obtención de pectinas se utilizaron 2000 g del tejocote deshidratado y de las cascarás de mango y naranja. Para establecer una relación apropiada entre los productos empleados se determinó el % de humedad de las cáscaras de mango y naranja, por el método de secado en estufa de aire. A continuación, cada uno de las materia primas se deposita en una olla de cocción. Se emplearon por cada 300 g de muestra un litro de agua potable. Enseguida se somete a calentamiento hasta alcanzar una temperatura de 93°C durante 60 min, para inactivar enzimas pectolíticas presentes, las cuales presentan tendencia a ocasionar una hidrólisis indeseable durante la extracción, lo cual reduce la calidad de la pectina. Posteriormente se decanta el agua y después del calentamiento se deja enfriar la solución a temperatura ambiente.

Para realizar la hidrólisis ácida, se somete la materia prima a un proceso de molienda empleado una licuadora, para la reducción de tamaño de partícula, con el objetivo de obtener una solución coloidal. Se utilizó HCl al 37%, se monitoreó constantemente la temperatura evitando no exceder los 93°C, y se adicionó ácido hasta ajustar el pH de la solución a 3. Todo este proceso se realizó durante 60 min con agitación constante; posteriormente se dejó en reposo durante 3 h, para favorecer la precipitación de la pectina, a temperatura ambiente. Posteriormente se reduce el volumen la solución al 50%, mediante un calentamiento regulado a una temperatura de no superior a 70°C durante 25 min aproximadamente, con agitación continua.

Para la precipitación de la pectina se utilizó inicialmente 200 mL de alcohol etílico al 96°, agregando directamente al producto obtenido anteriormente, enseguida se dejó en reposo durante 20 min para la formación del gel de pectina; este paso se repitió hasta verificar que ya no se presentará más precipitación. Con la ayuda de un colador fino, se retira la pectina formada eliminando los líquidos residuales.

La pectina ya precipitada, se filtra con una manta de cielo, para eliminar el exceso de alcohol; posteriormente se procedió al secado en estufa. A continuación, se coloca en charolas de aluminio para secarla en una estufa de aire, a una temperatura constante de 45 °C durante 12 h, con el fin de eliminar el exceso de líquidos. Este procedimiento fue realizado para cada una de las tres diferentes frutas. El tiempo de secado varió en un intervalo de 9 a 12 de acuerdo a la materia prima en proceso. Para fraccionar la pectina se realizó una molienda empleando una licuadora y con la ayuda de un tamiz de malla fina, se obtuvo pectina con un tamaño de partícula uniforme. Finalmente se determinó el rendimiento del proceso de extracción considerando en el caso del tejocote el peso inicial y con respecto a la cáscara de naranja y de mango se utilizó los resultados del porcentaje de humedad obtenidos de 80.9% y 24.34% respectivamente, para posteriormente realizar las pruebas de: acidez libre, peso equivalente, contenido de metoxilo y grado de esterificación para su caracterización.

Resultados y discusión

Resultados de la obtención de pectina

Por medio del procedimiento de hidrólisis ensayado se logró la obtención de pectina a partir del material propuesto. La descripción y el rendimiento se expresan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de la obtención de pectina

Fuente	Peso (g)	Rendimiento (%)	Humedad (%)	Descripción
Cáscara de mango	91.97	4.59	80.9± 1.12	Color café claro, con olor característico a la fruta de procedencia.
				Formación de gránulos
Cáscara de naranja	168.37	8.41	24.34 ± 2.45	Color amarillo intenso, con olor a cítrico.
				Formación de polvo fino.
Tejocote deshidratado	185.4	9.27	68 ± 1.86	Color café rojizo, sin olor.
				Formación de polvo fino

Con respecto al rendimiento Cabarcas *et al.*, (2012) empleando las mismas condiciones de pH y temperatura, utilizadas en este trabajo reporta un rendimiento de pectina obtenida a partir de cáscara de plátano igual a 7.97 %; este valor se encuentra en la media del rango de los obtenidos en este trabajo empleando cáscara de naranja y tejocote deshidratado.

Gamboa (2009); aprovechó los residuos obtenidos del proceso del despulpado de mango para la obtención de pectina, con un rendimiento de 2.80 % empleando un pH de 2.5 y tiempo de hidrólisis de 60 min, en este trabajo el rendimiento es superior, en condiciones de obtención semejantes.

Caracterización de las pectinas obtenidas

Los resultados para evaluar la calidad de las pectinas obtenidas se presentan en la Tabla 2. Con respecto a la Acidez libre se empleó el método de Less, (1984), donde se expresan los resultados en términos de meq de carboxilos libres; para la determinación del peso equivalente, se utilizó la técnica de Fennema, (1993).

Tabla 2. Caracterización de las pectinas obtenidas

MUESTRAS	Acidez libre (meq carboxilos libres/g)	Peso equivalente (mg/meq)	Grado de Esterificación	Metoxilación (%)
Cáscara de mango	1.700 ± 0.03	609.765 ± 3 8.585	48.288 ± 5.457	6.26 ± 0.30
Cáscara de naranja	0.895 ± 0.064	909.090 ± 30.103	60.885 ± 2.382.	4.58 ± 0.39
Tejocote deshidratado	0.730 ± 0.077	1381.575 ± 35.698	64.105 ± 5.171	4.46 ± 0.27

Con respecto a la determinación de acidez libre, se observa que la pectina de cáscara de mango presento el valor más alto de acidez, en el caso de las pectinas de tejocote y cáscara de naranja, los resultados son semejantes Ferreira *et al.*, (2007); reportaron valores de acidez libre entre 0.1294 a 0.3734 meq carboxilos libres/g. La acidez evaluada en todas muestras de pectina analizadas muestra valores superiores a los reportados por este autor.

Existe una relación directa entre la acidez libre y el pH de extracción, teniendo en cuenta que los mayores niveles de acidez se presentan cuando el medio de extracción se encuentra en condiciones extremas de acidez (Guzmán *et al.*, 1975).

Existe una interacción entre el método de extracción y el estado de madurez del fruto, siendo mejores los resultados utilizando frutos maduros, ya que existe mayor predisposición de los grupos presentes en este sustrato a ser acidificados por las soluciones utilizadas durante la extracción (Crandall y McCain, 2006) Con respecto al tejocote en este trabajo no se puede establecer esta relación ya que al utilizarse la fruta deshidratada se desconoce el estado de madurez de la misma previo al proceso de secado.

En relación al peso equivalente, los valores obtenidos señalan que la pectina de tejocote tiene valores superiores a la de cascara de naranja y está a la de cascara de mango. Los pesos equivalentes obtenidos en este trabajo son superiores en comparación a los pesos equivalentes obtenidos por, Cabarcas *et al.*, (2012), los cuales oscilaron entre 510 a 675.

El grado de esterificación está relacionado a la velocidad de formación de geles y a la textura del mismo, a mayor grado de esterificación, mayor es la temperatura de gelificación; con respecto a las pectinas analizadas el grado de esterificación para el tejocote, supera a las pectinas de mango y naranja; sin embargo se indica que los valores del grado de esterificación obtenidos corresponden a pectinas bajo metoxilo y de gelificación lenta Mukhiddinov, (2000).

Conclusiones

Es posible la extracción de pectinas utilizando hidrolisis acida y como materia prima las cascara de naranja, mango y del tejocote deshidratado. El rendimiento de pectina obtenido fue 9.27% a partir del tejocote deshidratado, 3.72% para la cáscara de mango y 2.049 % para la cascara de naranja. Considerando el porcentaje de metoxilación, el orden de calidad de las pectinas es la tejocote deshidratado > cascara de mango > cascara de naranja. El grado de esterificación califica a las tres muestras obtenidas como pectinas de gelificación lenta. Las pectinas obtenidas adicionadas a la mermelada, no alteraron el sabor característico de la piña, obteniéndose un producto con buena transparencia, color brillante y textura agradable.

Referencias

1. Acevedo Berger Vanesa, Ramírez Díaz Diana Marcela. 2011. Análisis técnico y económico de la pectina, a partir de la cáscara de la naranja (*Citrus sinensis*). Universidad De San Buenaventura Cali. Facultad De Ingeniería. Programa de Ingeniería Agroindustrial. Santiago De Cali
2. Alfonso García Elba Elizabeth. (2010). Estudio del comportamiento reológico de las pectinas con diferente grado galacturónico obtenida a partir de *Citrus paradisi* (Gray Fruit). Universidad de El Salvador. Facultad de Química y Farmacia. San Salvador, El Salvador, Centro América.
3. Cabarcas E., Guerrero A., Henao C. 2012. Extracción y caracterización de pectina a partir de cáscara del plátano para desarrollar un diseño general del proceso del producto. Tesis de grado en ingeniería química. Universidad de Cartagena.
4. Crandall P. G. and McCain A. M. 2006. Production of pectin from soybeans. United States. Soy Pectin (Fayetteville, AR).
5. Fennema O. 1993. Química De Alimentos. España: Editorial Acribia, S.A. pp. 141-143.
6. Ferreira S. 2007. Pectinas: aislamiento, caracterización y producción a partir de frutas tropicales y de los residuos de su procesamiento industrial. Universidad nacional de Colombia. Facultad de ciencias. Página 20.
7. Gamboa B., Mireida G. 2009. Aprovechamiento de los residuos obtenidos del proceso de despulpado del mango (*Mangifera indica* L.), de las variedades Smith, Tommy Atkins, Haden y Bocado como materias primas para la obtención de pectinas, Universidad de Oriente, Cumaná-Venezuela.
8. García Palma Jessica Ivette. 2009. Evaluación del rendimiento de extracción de pectina en aguas mieles del beneficiado de café procedentes de desmucilaginado mecánico. Universidad de El Salvador.
9. Guzmán R., Suárez A., Castro C. 1975. Determinación del contenido de Pectina en el Mango y su aplicación en la elaboración de mermelada. Boletín informativo, DEA. Colombia: Universidad Nacional de Bogotá. pp 25-37.
10. Less, R. 1984. Análisis de los alimentos. Métodos analíticos y de control de calidad. Editorial Acribia. España, 2ª edición.
11. Liu Y., Shi J. and Langrish T. A. G. 2006. Water-based extraction of pectin from flavedo and albedo of orange peels. Chemical Eng. Journal. Vol. 120 (3): 203-209.
12. Mesbahi G., Jamalian J., Farahnaky A. 2005. Comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. Food Hydrocolloid. 19: 731-738.
13. MERCOSUR, Mercado Común del Sur, www.mercosur.int
14. Mukhiddinov Z. K. 2000. Isolation and structural characterization of a pectin Homo and Ramnogalacturonan. Talanta. pp 775-784.
15. Pineda J. E. D. 2003. Proceso para producir Pectinas Cítricas. Revista Universidad EAFIT, 29 (129). pp 22-23.
16. Ramírez Jairo. 2000. Parámetros para la extracción y caracterización de la pectina del tomate de árbol. Tesis De Grado. Medellín. Universidad Nacional. Departamento De Procesos Químicos
17. Rincón L. 1990. Estudio de factibilidad de obtención de pectina a partir de desechos cítricos, Trabajo de grado, Facultad de ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.
18. Vries De, J. A. 1998. Distribution of methoxyl groups in pectins, Carbohydrate Polym. pp 65-176.

Efecto de la deshidratación osmótica sobre las propiedades físicas del betabel (*Beta vulgaris* L.)

C. Calderón-Chiu¹, J.G. Torruco-Uco¹, C. E. Martínez-Sánchez¹, R. Carmona-García¹, E. Herman-Lara^{1*}
¹Coordinación de Posgrado e Investigación, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Av. Dr. Víctor Bravo Ahuja S/N, Col. 5 de Mayo, C.P. 68350, Tuxtepec, Oaxaca, México.

**erasmo_hi@hotmail.com*

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto de la deshidratación osmótica (DO) en el color y textura del betabel. Cinéticas de pérdida de agua (PA) y ganancia de sólidos (GS) fueron obtenidas a diferentes concentraciones de sacarosa, temperaturas y espesores de rodaja. La mayor PA y GS se produjeron a concentraciones de 50 y 65% a temperaturas de 45 y 60 °C, siendo las de 5.0 mm las de mayor PA y las de 1 mm las de mayor GS. La menor diferencia total del color fue en rodajas de 1.0 mm a concentraciones de 50% en todas las temperaturas. En la textura, todos los tratamientos fueron significativamente diferentes al control, donde las rodajas de 1.0 mm se apreció una disminución de la punción de un 46.77% y 70.03% para las de 5.0 mm. La DO es un proceso adecuado para rodajas de betabel de 1.0 mm de espesor.

Palabras clave: Textura, Color, Pérdida de agua, Ganancia de sólidos.

Abstract

The objective was to evaluate the effect of the osmotic dehydration (OD) in the color and texture of beets. Water loss (WL) and solid gain (SG) kinetics were obtained at different concentrations of sucrose, temperatures and slice thicknesses. Most WL and SG occurred at concentrations of 50 and 65% at temperatures of 45 to 60 °C. Slices of 5.0 mm were the highest values in WL and the 1 mm the highest values in SG. The lowest total color difference was in slices 1.0 mm at concentrations of 50% at all temperatures. In texture, all treatments were significantly different from the control, where the slices of 1.0 mm decreased the puncture value until 46.77% and 70.03% for 5.0 mm was observed. DO is an appropriate process for beet slices of 1.0 mm thick.

Key words: Texture, Color, Water Loss, Solids Gain.

Introducción

Debido a los cambios en hábitos alimenticios y estilos de vida de la sociedad moderna que incluyen una alta ingesta de frutas y alimentos nutritivos listos para el consumo y sin aditivos químicos, el secado industrial de vegetales ha crecido en años recientes, y ha tenido un gran potencial en todo el mundo. Los procesos de secado convencional de alimentos son generalmente caros, debido al cambio de la fase acuosa. Así, con la finalidad de remover una parte del agua contenida en un producto alimenticio y mejorar sus características, comúnmente se realiza un pretratamiento antes del secado convencional de productos agrícolas. Varios de estos pretratamientos se han descrito en la literatura y uno de ellos es la deshidratación osmótica (DO) [Yadav y col., 2012]. Esta técnica es reconocida como un método económico de deshidratación parcial de un alimento [da Silva y col., 2013], que consiste en la eliminación parcial del agua de los tejidos de plantas por inmersión en una solución hipertónica. La solución hipertónica permite el ajuste de las propiedades físico-químicas de los alimentos mediante la reducción del contenido de agua y la incorporación simultánea de ingredientes o aditivos con propiedades preservativas o antioxidantes en el alimento [Krokida y col., 2000]. La DO es efectiva incluso en temperatura ambiente y es útil en la conservación del color, sabor y textura de un alimento, ha sido usada como un pretratamiento para mejorar las propiedades nutricionales, sensoriales y funcionales de los alimentos [Kaymak-Ertekin y Sultanoglu, 2000] y debido a las ventajas antes mencionadas, varios estudios se han llevado

acabo sobre DO en los últimos años, para varios productos alimenticios como: plátano [Mercali y col., 2011], jengibre [García-Toledo y col., 2015], rábano [Herman-Lara y col., 2013], entre otros.

Por todo lo anterior se propone evaluar el efecto de la deshidratación osmótica sobre las propiedades físicas del betabel, como el color y la textura empleando soluciones de sacarosa a diferentes concentraciones (35, 50 y 65%), temperaturas (30, 45 y 60 °C) y espesores de rebanada (1.0 y 5.0 mm).

Metodología.

Materiales

El betabel (*Beta vulgaris*) de aproximadamente el mismo grado de madurez y forma fueron obtenidos del mercado local. La sacarosa requerida para la solución osmótica fue de grado comercial refinada, adquirida del mercado local. El betabel fue lavado, pelado manualmente y cortado en rodajas de 3.5 cm de diámetro con espesores de 1.0 y 5.0 mm.

Deshidratación osmótica de betabel.

Se prepararon tres soluciones de sacarosas a diferentes concentraciones 35, 50 y 65% y tres temperaturas: 30, 45 y 60 °C. La relación fruta: solución fue de 1:15 (p/v). El calentamiento y la agitación fueron proporcionados por una placa de calentamiento (Thermo Scientific Cimares) equipada con un controlador de temperatura externo sumergido en la solución osmótica. La muestras fueron monitoreadas cada 15 minutos por 3.5 horas hasta que el equilibrio fue alcanzado, éstas fueron sacadas de la solución a cada tiempo de la DO, eliminando el exceso de la solución osmótica para posteriormente pesarlas y obtener el contenido de humedad empleando el método oficial de la estufa (No. 925.10) de la AOAC, [2005]. Los datos obtenidos fueron utilizados para determinar las cinéticas de PA y GS utilizando las ecuaciones (1) y (2). Todos los tratamientos fueron desarrollados por duplicado. Las cinéticas de DO, fueron obtenidas graficando la PA (g de agua/g muestra fresca) y GS (g de sólidos/g de muestra fresca) contra el tiempo (min).

$$PA = \frac{(M_0)(X_{a,0}) - (M_t)(X_{a,t})}{M_0} \times 100 \quad (1)$$

$$GS = \frac{(M_t)(1 - X_{s,t}) - (M_0)(1 - X_{s,0})}{M_0} \times 100 \quad (2)$$

Donde, PA es la pérdida de agua (g agua/g de muestra fresca), M_0 es el peso inicial de la muestra en g, M_t es el peso de la muestra a un tiempo determinado en g, $X_{a,0}$ es la fracción másica de agua inicial en g agua/g alimento seco, $X_{a,t}$ es la fracción másica de agua a un tiempo determinado en g agua/g alimento seco, GS es la ganancia de sólidos (g de sólidos/ g de muestra fresca), $X_{s,0}$ es la fracción másica de sólidos inicial en g sólidos/g alimento seco y $X_{s,t}$ es la fracción másica de sólidos a un tiempo determinado en g sólidos/g alimento seco.

Medición del color de las rodajas de betabel osmodeshidratadas.

La determinación del color fue desarrollada por triplicado sobre las rodajas osmodeshidratadas de los diferentes tratamientos usando un colorímetro UltraScan Vis (Hunter Associates Laboratory Inc.,USA). Los resultados fueron expresados de acuerdo con el sistema CIELCH con una referencia al iluminante D65 y un ángulo visual de 10°. Se obtuvieron los parámetros de L (luminosidad), a^* (rojo a verde) y b^* (amarillo a azul). La medición de color fue expresada como L (luminosidad), así como cromaticidad (*C), ángulo hue (h°) y la diferencia total de color (ΔE), los cuales fueron calculadas por medio de las ecuaciones (3), (4) y (5) respectivamente.

$$c^* = (a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$h^\circ = \arctang\left(\frac{a^*}{b^*}\right) \quad (4)$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (5)$$

Medición de perfil de textura por punción (PTP) de betabel osmodeshidratadas.

Se realizó la prueba de punción de las rodajas de betabel osmodeshidratadas con un texturómetro TA.XTPLUS, (Texture Technologies Corporation Stable Microsystems) con la finalidad de medir la fuerza de fractura (pico máximo de fuerza), mediante ensayos de penetración empleando una sonda cilíndrica de 2.0 mm (P/2N), obteniendo la fuerza máxima en N (Newton). Las condiciones de operación del texturómetro para las rodajas de 1.0 mm de espesor fueron velocidad pre-ensayo 2.0 mm/s, velocidad de ensayo 2.0 mm/s, velocidad post-ensayo 10.0 mm/s y distancia de compresión de 8.0 mm, mientras que para las de 5 mm de espesor las condiciones de operación fueron pre-ensayo 2.0 mm/s, velocidad de ensayo 2.0 mm/s, velocidad post-ensayo 10 mm/s y distancia de compresión de 12.0 mm, ambos con una fuerza de contacto de 0.1 g. La medición de fuerza de fractura se realizó por triplicado y cinco veces en una rodaja, midiendo la fuerza en el centro y cuatro puntos más, debido a heterogeneidad de la muestra de betabel.

Análisis estadístico.

Los resultados obtenidos fueron analizados con un análisis de varianza (ANDEVA) y una prueba de comparación de medias por Fisher con un nivel de significancia del 95%, empleando Software Statistica versión 10.0.

Resultados y discusión

Cinéticas experimentales de PA y GS para las rodajas de betabel sometidas a DO.

Las cinéticas experimentales de PA y GS de las rodajas de betabel sometidas a DO a concentraciones de sacarosa de 35, 50 y 65%, diferentes temperaturas y espesores, se muestran en las figuras 1 y 2 respectivamente. En éstas se observó que la PA y GS se incrementó a medida que se aumentaron las concentraciones de la solución osmótica y la temperatura, observándose la mayor PA y GS durante los primeros 80 minutos del proceso de DO. La rápida pérdida de agua en el inicio del proceso osmótico es aparentemente debida a la gran presión osmótica que la solución de sacarosa ejerce sobre las células del betabel, esto ocurre como resultado de una gran diferencia de la fuerza impulsora entre la savia (fluido o líquido transportado por los tejidos de conducción de las plantas) del alimento y la solución osmótica circundante [Falade y col., 2007].

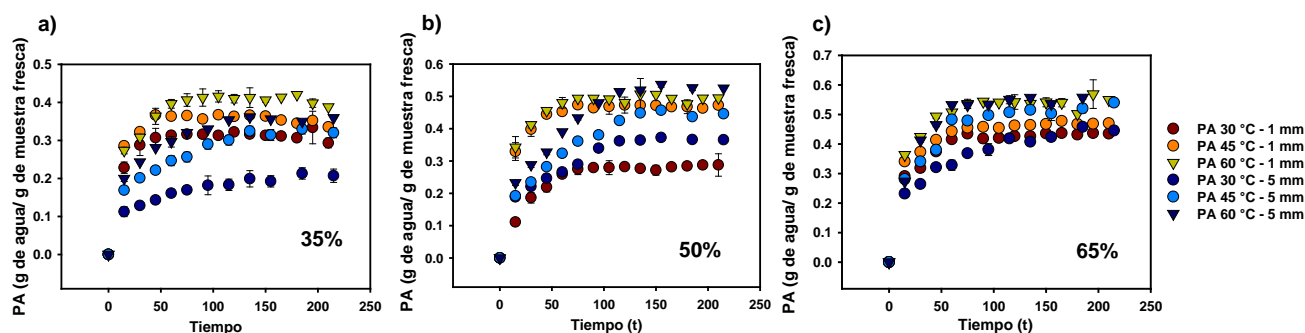


Figura 1. Cinéticas experimentales de PA: a) 35%, b) 50% y c) 65%, a diferentes temperaturas y espesores.

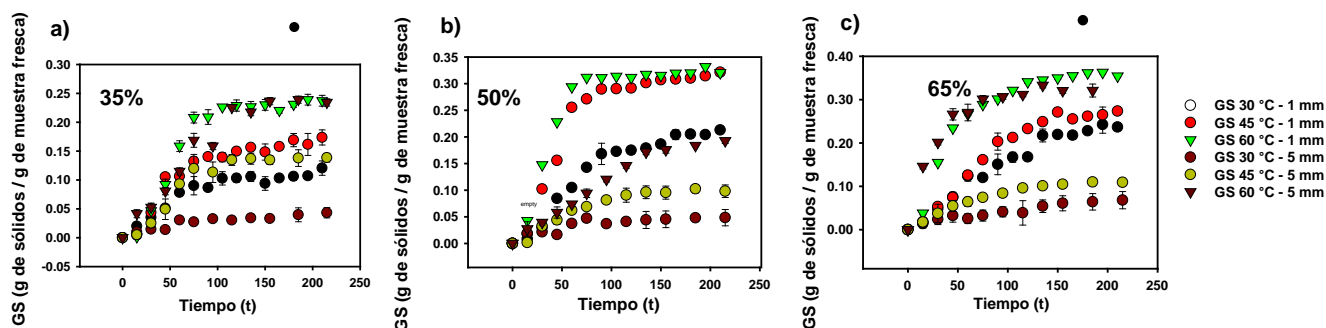


Figura 2. Cinéticas experimentales de GS: a) 35%, b) 50% y c) 65%, a diferentes temperaturas y espesores.

Los valores de PA de los tratamientos de DO para las rodajas de betabel de 1.0 mm de espesor y concentraciones de sacarosa al 35% fueron de 0.31, 0.35 y 0.40 g de agua/g de muestra fresca respectivamente; al utilizar solución de sacarosa al 50% fueron de 0.20, 0.46 y 0.49 g de agua/g de muestra fresca, respectivamente y al 65% de sacarosa los valores de PA fueron de 0.43, 0.46 y 0.54 g de agua/g de muestra fresca, todas las concentraciones a las temperaturas de 30, 45 y 60 °C, llegando al equilibrio a 135, 115 y 90 minutos respectivamente. Por otro lado, las rodajas de betabel de 5.0 mm de espesor presentaron valores de PA a la concentración de 35% de 0.20, 0.32 y 0.35 g de agua/g de muestra; para 50% se obtuvieron valores de 0.37, 0.45 y 0.52 g de agua/g de muestra fresca respectivamente, mientras que para la concentración de 65% los valores de PA fueron de 0.43, 0.52 y 0.54 g de agua/g de muestra fresca, todas las concentraciones a las temperaturas de 30, 45 y 60 °C, llegando al equilibrio a los 185, 155 y 135 minutos.

Por otra parte, los valores experimentales de GS en el equilibrio para las rodajas de 1.0 mm de espesor a 35% de sacarosa fueron de 0.10, 0.15 y 0.23 g de sólidos/g de muestra fresca, para la concentración de 50% se obtuvieron valores de 0.19, 0.30 y 0.31 de sólidos/g de muestra fresca y para 65% la GS fue de 0.21, 0.25 y 0.34, todas las concentraciones a las temperaturas de 30, 45 y 60 °C respectivamente. Mientras que las rodajas de 5.0 mm de espesor tuvieron una GS para 35% de sacarosa de 0.03, 0.13 y 0.23 de sólidos/g de muestra fresca, a 50% fueron de 0.05, 0.09 y 0.18 de sólidos/g de muestra fresca y para 65% los valores de GS fueron de 0.06, 0.10 y 0.30 de sólidos/g de muestra fresca, de igual modo a las temperaturas de 30, 45 y 60 °C, respectivamente. Estos resultados confirman los anteriormente mencionados, que a medida que se aumentó la concentración de la solución osmótica y la temperatura la PA y GS también se incrementaron. Investigadores como Azoubel y Murr [2004]; Kowalska y Lenart, [2001] y Park y col., [2002], mencionan que el incremento en la concentración de la solución osmótica resulta en un aumento en los gradientes de presión osmótica y, por ende, una mayor PA y GS; indicando que la elección de un medio altamente concentrado, conlleva a tener algunos beneficios en términos de una rápida pérdida de agua. De igual modo se puede apreciar que a medida transcurre el tiempo de la DO, está pérdida de agua y ganancia de sólidos disminuyó, debido a que las rodajas de betabel se acercan al equilibrio, provocando que los flujos de transferencia de masa disminuyan [Falade y col., 2007]. También, İspir y Toğrul, [2009], deshidrataron osmóticamente durazno con diferentes agentes osmóticos, tales como sacarosa, glucosa, fructosa, maltodextrina y sorbitol a concentraciones de 40, 50, 60 y 70%, encontrando que la mayor pérdida de agua fue la obtenida a las mayores concentraciones de todos los solutos empleados, siendo la mejor la sacarosa. Con respecto al efecto del espesor de las rodajas de betabel, se puede apreciar que los mayores valores de pérdida de agua fueron obtenidos para las rodajas de 5.0 mm de espesor a las concentraciones de 50 y 65%, mientras que para concentración de 35% la mayor pérdida de agua fue para las rodajas de 1.0 mm de espesor, esto se atribuye a que la concentración de 35% de sacarosa ejerció mayor presión osmótica en las rodajas de 1.0 mm de espesor que en las rodajas de 5.0 mm, haciendo que el flujo de transferencia de masa en las rodajas de 5.0 mm se viera limitado por el espesor de la rodaja. Por otro lado, el incremento de la temperatura del medio osmótico causa un incremento en la pérdida de agua y ganancia de sólidos. El efecto de la temperatura es similar en todos los tratamientos empleados. A medida que aumentó la temperatura aumentó la PA y GS [Serenó y col., 2001]. Según Ayala y col., [2009], debido a que hay un reblandecimiento en tejido, produciendo cambios en la permeabilidad de la membrana y en la fluidez de la solución osmótica, facilitando así la transferencia de masa. Azoubel y Murr, [2004], observó una mayor pérdida de agua y ganancia de sólidos en las temperaturas de 60 °C, seguidas de las de 45°C y 30°C, esto es debido al

incremento en la velocidad de difusión en altas temperaturas, ya que estas promueven la rápida pérdida de agua a través del hinchamiento y plastificación de las membranas celulares incrementando los gradientes de presión osmótica.

Sin embargo, es claro apreciar que la mayor GS se presentó en las rodajas de 1.0 mm de espesor, una tendencia contraria a la PA, esta ganancia sólidos aumenta con la disminución del espesor, debido a la relación de proporciones y al aumento en el área de superficie de contacto con la solución osmótica, donde las células que están en contacto directo con la solución osmótica pierden agua y liberan presión de turgencia (Falade y col., [2007], ya que a medida que las muestras se hacen más pequeñas, la proporción de células osmotizadas en el tejido aumenta sustancialmente [Lewicki y Porzecka-Pawlak, 2005] debido al incremento de la superficie de contacto con la solución osmótica. Además, la progresiva absorción de sólidos en las rodajas de 5.0 mm puede haber resultado en la formación de una capa sub-superficial de solutos, que interferiría con el gradiente de concentración a través de la interfaz producto-solución y actuaría como una barrera contra la eliminación de agua y absorción de sólidos. Las mayores PA y GS se produjeron a concentraciones de 50 y 65%, en temperaturas de 45 y 60 °C respectivamente para los dos espesores, siendo las de 5.0 mm las que mayor pérdida de agua presentaron y las 1.0 mm las que mayor GS obtuvieron, confirmando que el espesor de la rodaja juega un papel fundamental en la transferencia de masa.

Resultados de color de las rodajas de betabel osmodeshidratadas.

La tabla 1, muestra los resultados de los parámetros de color de las rodajas de betabel deshidratadas osmóticamente, sometidas a diferentes condiciones de temperatura, concentración de sacarosa y espesor de 1.0 mm, donde se muestra que todos los tratamientos mostraron cambios en los parámetros de color como *L, *C y °h, sin embargo a pesar de los cambios producidos en los parámetros antes mencionados, los resultados obtenidos para ΔE indican que las rodajas con 1.0 mm no presentaron diferencia significativa ($p < 0.05$) con respecto al betabel fresco (control). Esto quiere decir que los tratamientos de 1.0 mm de espesor retuvieron mejor el color que las rodajas de 5.0 mm (estos valores no se muestran), lo cual puede estar relacionado con la ganancia de sólidos, que como se mencionó anteriormente, fueron las que obtuvieron la mayor ganancias de sólidos, éstos sólidos pudieron haber creado un efecto protector sobre los pigmentos del betabel.

Tabla 1. Parámetros de color de las rodajas de betabel sometidas a diferentes tratamientos de DO.

TRATAMIENTO	1.0 mm de espesor				
	L	*C	h°	ΔE	
Betabel Fresco (Control)	26.78 ± 1.24 ^a	21.13 ± 1.82 ^{a,b,c}	20.05 ± 0.82 ^a	0.00	± 0.00
35% 30°C	24.80 ± 1.05 ^{b,c}	26.42 ± 3.70 ^d	18.69 ± 1.57^{a,b,c}	6.57	± 3.92^{a,b,c,d}
35% 45°C	23.96 ± 0.08 ^{c,d,e}	24.04 ± 1.67 ^{b,c,d}	18.80 ± 0.67^{a,b,c}	4.96	± 1.16^{a,b,c,d}
35% 60°C	22.99 ± 0.44 ^{d,e,f}	18.10 ± 0.64^{a,e}	14.84 ± 0.44 ^{d,e,f}	5.35	± 1.72^{a,b,c,d}
50% 30°C	25.52 ± 0.99^{a,b,c}	24.81 ± 3.51 ^{b,c,d}	18.67 ± 1.37^{a,b,c}	4.10	± 2.86^{a,b,c}
50% 45°C	24.46 ± 0.72 ^{b,c,d}	20.66 ± 2.14^{a,b}	17.63 ± 1.54^{a,b,c,d}	3.68	± 2.30^{a,b}
50% 60°C	25.45 ± 0.44^{a,b,c}	22.66 ± 2.72 ^{b,c,d}	16.06 ± 1.06 ^{c,d,e}	2.80	± 0.47^a
65% 30°C	24.48 ± 0.80 ^{b,c,d}	23.38 ± 2.43 ^{b,c,d}	18.47 ± 1.38^{a,b,c}	4.48	± 1.61^{a,b,c}
65% 45°C	25.70 ± 1.41^{a,b}	25.13 ± 4.97 ^{b,c,d}	19.46 ± 1.54 ^{b,c}	4.54	± 2.63^{a,b,c}
65% 60°C	22.39 ± 0.60 ^{e,f,g}	16.12 ± 1.13 ^{e,f}	12.44 ± 1.71 ^f	7.17	± 1.01^{a,b,c,d}

Los resultados son el promedio de tres repeticiones. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa a una $p < 0.05$.

Con el incremento de la temperatura, hubo una disminución de la luminosidad de las muestras. Los valores más altos de luminosidad fueron los obtenidos para los tratamientos que empelaban temperaturas de 30 y 45 °C, evidenciando que a medida que se aumentaba la temperatura estos valores disminuían significativamente. Resultados parecidos fueron los encontrados por Abrao y col., [2013] quien deshidrató osmóticamente calabaza a diferentes concentraciones de sacarosa, encontrando que a medida que aumentaba la temperatura del

proceso de DO, la luminosidad disminuía. Por lo que respecta a la cromaticidad, las rodajas presentaron un ligero aumento en la cromaticidad en los tratamientos con mayor concentración de solución osmótica, este aumento en la cromaticidad se debe a la concentración de los pigmentos del betabel producido por la pérdida de agua en la rodaja, la disminución de los valores de luminosidad y croma, especialmente de los tratamientos con altas temperaturas, está relacionado con un incremento en la traslucidez de las muestras de betabel deshidratadas. Chiral y Talens, [2005], mencionan que el proceso de DO, cambia la composición de la solución interna, haciéndola más homogénea a través de la muestra osmódeshidratada. Esto conlleva a índices refractivos más homogéneos en el tejido, los cuales promueven la absorción de la luz contra la dispersión, resultando en productos que incrementa su transparencia. En cuanto al h° , se ha indicado que valores bajos de h° indican pardeamiento [Singh y col., 2010], así las rodajas de 1.0 mm de espesor disminuyeron este valor, resultado en un ligero pardeamiento que es más pronunciado a altas temperaturas, sin embargo esta disminución en el h° fue más pronunciada en rodajas de 5.0 mm de espesor. Por lo que respecta a la diferencia de color, se puede apreciar que los tratamientos de 1.0 mm de espesor no mostraron diferencia significativa con respecto al betabel fresco, mientras que en la de 5.0 mm el cambio en el color fue más significativo ($p < 0.05$). Por consiguiente, el espesor juega un papel fundamental en la retención de color y está relacionado directamente con la ganancia de sólidos después de la DO, ya que éstos pudieron ejercer un efecto protector en los pigmentos del betabel. Tomando en cuenta la diferencia total del color, los mejores tratamientos de DO que retuvieron mejor el color fueron las de espesor de 1.0 mm a las concentraciones de 50% en todas las temperaturas empeladas, seguidas por las concentraciones de 35% 45 °C y las de 65% a las temperaturas de 30 y 45 °C. Los espesores de 5.0 mm presentaron mayor diferencia significativa con el control.

Resultados de perfil de textura por punción (PTP) de rodajas de betabel osmódeshidratadas

Los resultados de perfil de textura por punción (PTP) de las rodajas de betabel deshidratadas osmóticamente se muestran en la figura 3, donde se expresa la fuerza máxima de fractura de las rodajas de betabel, observándose que después del proceso de DO, todos los tratamientos presentaron una significativa disminución en la textura, independientemente del tiempo, lo cual se reflejó en la disminución de la fuerza de penetración en las rodajas tratadas con DO. Esto fue atribuido a la pérdida de agua en el alimento como consecuencia de los flujos de transferencia de masa y presión osmótica de la solución de sacarosa, ya que a medida que transcurre el tiempo de la DO, las células muestran alteraciones en el citoplasma de diferentes grados, que van desde el aumento del hinchamiento a la retracción completa de la pared celular, además, que pudo haber una desconexión entre las células haciendo que la pared celular pierda su forma junto con la presión de turgor, hasta el completo rompimiento del tejido. Esta desconexión celular, puede ser debida a la solubilización de la pectina quelante-soluble, la cual según afirmaciones en la literatura es uno de los principales contribuyentes para la adhesión celular y firmeza, ligando a la lamela media [Chiral y col., 2001; Brambilla y col., 2000; y Talens y col., 2002].

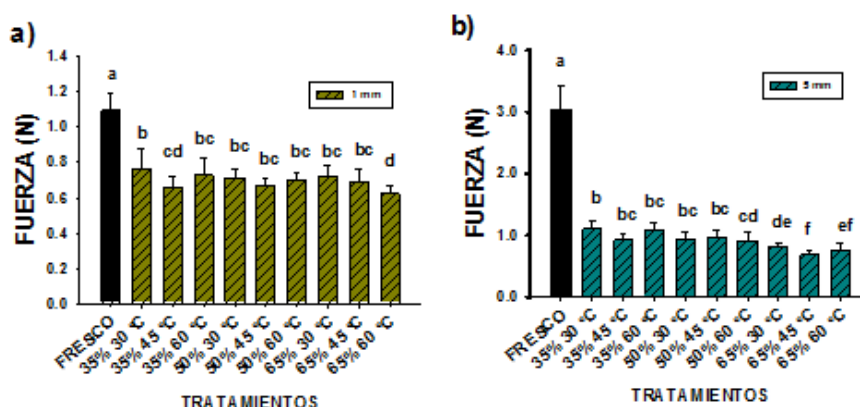


Figura 3. Fuerza de fractura de las rodajas sometidas a diferentes tratamientos de DO

Se observó una disminución de la fuerza de punción de un 46.77% en la rodajas de 1.0 mm de espesor, mientras que para las rodajas de 5.0 mm la pérdida de firmeza fue de un 70.03%, presentando mejores resultados las de 1.0 mm de espesor. Resultados parecidos fueron encontrados por Vicente y col., [2012], quien deshidrató osmóticamente manzanas frescas (*Malus pumila*, Granny Smith) encontrando que el turgor en las células

sometidas a DO no puede ser mantenido debido a la remoción de agua (en algunos casos con ruptura de membranas). Además de la pérdida de turgor, las alteraciones en la estructura celular (redistribución de fibrillas, plegado de paredes celulares, potencial degradación y solubilización de macromoléculas) podrían ser las principales responsables en la disminución de la tensión de ruptura. Esto confirma lo anteriormente dicho, ya que la mayor PA se produjo en las rodajas de betabel con espesor de 5.0 mm, ocasionando menores valores de fuerza, ya que en el vegetal fresco, la típica célula con paredes delgadas muestra una morfología con una membrana plasmática y citoplasma estrechamente adpresas contra la pared celular que se va distorsionando en diversas áreas, presentando un hinchamiento citoplasmático debido a la pérdida de presión de turgor, la cual está vinculada con la pérdida de agua, Prinzivall y col., [2006].

Trabajo a futuro

Realizar el análisis de las propiedades químicas del betabel sometido a DO, esto es fenoles y flavonoides totales, así como la capacidad antioxidante.

Conclusiones

Las mayores PA y GS se produjeron a concentraciones de 50 y 65%, en temperaturas de 45 y 60 °C respectivamente, en ambos espesores, siendo las rodajas de 5.0 mm las que mayor pérdida de agua presentaron y las 1.0 mm las que mayor GS obtuvieron. Los tratamientos de DO que retuvieron mejor el color de las rodajas de betabel fueron las de espesor de 1.0 mm a las concentraciones de 50% en todas las temperaturas empeladas, seguidas por las concentraciones de 35% a 45 °C y las de 65% a las temperaturas de 30 y 45 °C. Se observó una disminución de la fuerza de punción de un 46.77% en la rodajas de 1.0 mm de espesor, mientras que para las de 5.0 mm la pérdida de firmeza fue de un 70.03%, resultando mejores texturas con respecto al control las de 1.0 mm de espesor, confirmando que el espesor de la rodaja juega un papel fundamental en la transferencia de masa. A pesar de haber una disminución en la textura de las rodajas de betabel, la DO ha sido muy favorecedora para la pérdida de agua y la retención del color en las rodajas de 1.0 mm de espesor.

Referencias

1. Abraão, A. S., Lemos, A. M., Vilela, A., Sousa, J. M., & Nunes, F. M. (2013). Influence of osmotic dehydration process parameters on the quality of candied pumpkins. *Food and Bioproducts Processing*, 91(4), 481-494.
2. AOAC International. (2005). *Official methods of analysis of AOAC International*. AOAC International. USA.
3. Ayala-Aponte, A. A., Serna-Cock, L., & Giraldo-Cuartas, C. J. (2009). Efecto de la agitación sobre la deshidratación osmótica de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* S.) empleando soluciones de sacarosa. *Interciencia*, 34(7), 492-496.
4. Azoubel, P. M., & Murr, F. E. X. (2004). Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. *Journal of Food Engineering*, 61(3), 291-295.
5. Brambilla, A., Maffi, D., Bertolo, G., & Torreggiani, D. (2000, April). Effect of osmotic dehydration time on strawberry tissue structure. In *ICEF 8 "Eight International Congress on Engineering and Food"*. *Book of Abstracts* (p. 211).
6. Chiralt, A., & Talens, P. (2005). Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissues. *Journal of Food Engineering*, 67(1), 167-177.
7. Chiralt, A., Martínez-Navarrete, N., Martínez-Monzó, J., Talens, P., Moraga, G., Ayala, A., & Fito, P. (2001). Changes in mechanical properties throughout osmotic processes: Cryoprotectant effect. *Journal of Food Engineering*, 49(2), 129-135.
8. da Silva, W. P., do Amaral, D. S., Duarte, M. E. M., Mata, M. E., e Silva, C. M., Pinheiro, R. M., & Pessoa, T. (2013). Description of the osmotic dehydration and convective drying of coconut (*Cocos nucifera* L.) Pieces: A three-dimensional approach. *Journal of Food Engineering*, 115(1), 121-131.

9. Falade, K. O., Igbeka, J. C., & Ayanwuyi, F. A. (2007). Kinetics of mass transfer, and colour changes during osmotic dehydration of watermelon. *Journal of Food Engineering*, 80(3), 979-985.
10. García-Toledo, J. A., Ruiz-López, I. I., Martínez-Sánchez, C. E., Rodríguez-Miranda, J., Carmona-García, R., Torruco-Uco, J. G. & Herman-Lara, E. (2015). Effect of osmotic dehydration on the physical and chemical properties of Mexican ginger (*Zingiber officinale* var. Grand Cayman). *CyTA-Journal of Food*, (ahead-of-print), 1-8.
11. Herman-Lara, E., Martínez-Sánchez, C. E., Pacheco-Angulo, H., Carmona-García, R., Ruiz-Espinosa, H., & Ruiz-López, I. I. (2013). Mass transfer modeling of equilibrium and dynamic periods during osmotic dehydration of radish in NaCl solutions. *Food and Bioprocess Processing*, 91(3), 216-224.
12. İspir, A., & Toğrul, İ. T. (2009). Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters. *Chemical Engineering Research and Design*, 87(2), 166-180.
13. Kaymak-Ertekin, F., & Sultanoğlu, M. (2000). Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apples. *Journal of Food Engineering*, 46(4), 243-250.
14. Kowalska, H., & Lenart, A. (2001). Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. *Journal of Food Engineering*, 49(2), 137-140.
15. Krokida, M. K., Karathanos, V. T., & Maroulis, Z. B. (2000). Effect of osmotic dehydration on color and sorption characteristics of apple and banana. *Drying Technology*, 18(4-5), 937-950.
16. Lewicki, P. P., & Porzecka-Pawlak, R. (2005). Effect of osmotic dewatering on apple tissue structure. *Journal of Food Engineering*, 66(1), 43-50.
17. Mercali, G. D., Marczak, L. D. F., Tessaro, I. C., & Noreña, C. P. Z. (2011). Evaluation of water, sucrose and NaCl effective diffusivities during osmotic dehydration of banana (*Musa sapientum*, shum.). *LWT-Food Science and Technology*, 44(1), 82-91.
18. Park, K. J., Bin, A., Brod, F. P. R., & Park, T. H. K. B. (2002). Osmotic dehydration kinetics of pear D'anjou (*Pyrus communis* L.). *Journal of Food Engineering*, 52(3), 293-298.
19. Prinziavalli, C., Brambilla, A., Maffi, D., Scalzo, R. L., & Torreggiani, D. (2006). Effect of osmosis time on structure, texture and pectic composition of strawberry tissue. *European Food Research and Technology*, 224(1), 119-127.
20. Rodrigues, A. C., Cunha, R. L., & Hubinger, M. D. (2003). Rheological properties and colour evaluation of papaya during osmotic dehydration processing. *Journal of Food Engineering*, 59(2), 129-135.
21. Sereno, A. M., Moreira, R., & Martinez, E. (2001). Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt. *Journal of Food Engineering*, 47(1), 43-49.
22. Singh, B., Panesar, P. S., Nanda, V., & Kennedy, J. F. (2010). Optimization of osmotic dehydration process of carrot cubes in mixtures of sucrose and sodium chloride solutions. *Food Chemistry*, 123(3), 590-600.
23. Talens, P., Martínez-Navarrete, N., Fito, P., & Chiralt, A. (2002). Changes in optical and mechanical properties during osmodehydro freezing of kiwi fruit. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(2), 191-199.
24. Vincent, J. F. V. (1994). Texture of plants. In *Vegetables and vegetable products* (pp. 57-72). Springer Berlin Heidelberg. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 57-72.
25. Yadav, B. S., Yadav, R. B., & Jatain, M. (2012). Optimization of osmotic dehydration conditions of peach slices in sucrose solution using response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology*, 49(5), 547-555.

Deshidratación osmótica por impregnación con ácido ascórbico y su efecto en textura de plátano macho

A. C. Solis Ramos¹, C. E. Martínez Sánchez¹, J. Rodríguez Miranda¹, I. I. Ruiz López² y E. Herman y Lara^{1*}

¹Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Coordinación de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Calz. Dr. Víctor Bravo Ahuja s/n, Col. 5 de Mayo, C.P. 68350, Tuxtepec, Oax. México

²Colegio de Ingeniería en Alimentos, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Pue., México

*erasmo_hl@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En este trabajo se evaluó la textura del plátano macho por efecto de impregnación de ácido ascórbico (AA) por deshidratación osmótica (DO). Rodajas de plátano 0.5 y 1.0 cm de espesor fueron usadas. Se determinaron cinéticas de DO con pretratamiento de ultrasonido a temperaturas de 40 y 60 °C en solución de sacarosa de 45 y 60%. Las cinéticas de DO fueron estimadas por el modelo de Page. Se realizó un análisis de perfil de textura (TPA). La mayor pérdida de agua fue obtenida con 60% sacarosa y 60 °C con ultrasonido y adición de AA. Las cinéticas predichas ajustaron con R² promedio de 0.9864. La DO incrementó el contenido de AA de 18 a 55% de la ingesta diaria requerida. Resultados de TPA fueron similares al control en espesores de 0.5 cm. La DO es una alternativa no solo de secado sino de incorporación de sustancias nutritivas en alimentos.

Palabras clave: Deshidratación osmótica, ácido ascórbico, plátano macho, textura.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the texture of plantain by impregnating effect of ascorbic acid (AA) by osmotic dehydration (OD). Plantain slices 0.5 and 1.0 cm thickness were used. OD kinetics were determined with ultrasound pretreatment at temperatures of 40 and 60 °C in sucrose solution of 45 and 60%. The Page's model estimated OD experimental kinetics. Texture profile analysis (TPA) was performed. Most water loss was obtained with 60% sucrose solution at 60 °C with ultrasound and addition of AA. The predicted kinetic were adjusted with R² 0.9864 average. OD increased the AA content of 18 to 55% of the required daily intake. TPA results were similar to the control with thickness sample of 0.5 cm. OD is an alternative not only drying but incorporating nutrients in foods.

Key words: Osmotic dehydration, ascorbic acid, plantain texture.

Introducción

En la actualidad existe una amplia tendencia mundial por la investigación y desarrollo de técnicas de conservación de alimentos que permitan obtener productos de alta calidad nutricional, que sean muy similares en color, aroma y sabor a los alimentos frescos y que no contengan agentes químicos. La forma más común es eliminando el contenido de agua en el alimento, un método comúnmente usado es el secado que se realiza para aumentar la vida útil de los alimentos [Rastogi y Raghavarao, 2002]. Este proceso de secado disminuye los costos de transporte, de empaque y almacenamiento, para suministrar las necesidades de materia prima seca como ingrediente para otros productos y en el desarrollo de nuevos productos atractivos a los consumidores tales como las botanas de frutas. El proceso generalmente se realiza por medio de técnicas como secado con aire caliente, al sol, al vacío, por microondas, liofilización y fritura entre otros, pero con la consecuente modificación de las propiedades sensoriales y pérdida de nutrientes del alimento y su degradación por descomposición térmica, oxidación u oscurecimiento enzimático. Por lo que la deshidratación osmótica (DO) es una técnica viable para la conservación de los alimentos manteniendo un nivel aceptable de nutrientes, reduciendo el daño en las propiedades físicas, estructurales, funcionales y sensoriales del alimento y disminuyendo los costos energéticos [Ochoa y Ayala, 2005]. La DO consiste en la extracción de agua de un producto que se sumerge en una disolución hipertónica a un tiempo y temperatura específicos. Esta extracción se debe a la fuerza impulsora que se crea por la alta presión osmótica de la disolución o por el gradiente de concentración entre la disolución y el sólido

[Maldonado, 2007]. La DO es un proceso en contra-difusión simultáneo de agua y solutos [Saputra, 2001] donde ocurren tres tipos de transferencia de masa en contracorriente: (a) flujo de agua del producto a la disolución, (b) transferencia de soluto de la disolución al producto y (c) salida de solutos propios del producto hacia la disolución (azúcares, ácidos orgánicos, minerales y vitaminas que forman parte del sabor, el color y el olor) [Sablani y Rahman, 2003; Van Nieuwenhuijzen y col., 2001]. Este último flujo se desprecia para todos los efectos de modelación ya que aunque es importante en las características sensoriales del alimento, es muy pequeño comparado con los otros dos flujos. Las principales variables que afectan la transferencia de masa durante el proceso son: la concentración y la temperatura de la disolución osmótica, el tiempo de inmersión, la porosidad del alimento, la geometría, la composición de la disolución, la presión, el nivel de agitación, la relación disolución-producto y el pre-tratamiento del producto. Muchos de los modelos matemáticos que predicen la deshidratación osmótica están basados en la aplicación de algunas de estas variables [Ochoa y Ayala, 2005]. Se realizan pretratamientos antes de la DO con el objetivo de obtener productos secos de la más alta calidad conservando sus características originales como textura, color y sabor. Actualmente, se ha utilizado el uso del ultrasonido debido a que mantiene las propiedades físicas y nutritivas del alimento, el pretratamiento con ultrasonido implica la inmersión de la fruta en un baño de agua. Las ondas ultrasónicas pueden causar una rápida serie de compresiones y expansiones alternas, de una manera similar a una esponja cuando es apretada y soltada repetidamente (efecto esponja). Adicionalmente, el ultrasonido produce cavitación, que puede ser útil para eliminar la humedad. El efecto de esponja causada por la aplicación del ultrasonido puede ser responsable de la creación de micro canales, que aumentan la transferencia de masa, y la incorporación de compuestos bioactivos [Fuente-Blanco y col., 2006]. Para modelar el proceso osmótico dada la complejidad del sistema, no se conocen relaciones matemáticas que permitan predecir de manera óptima las variables de proceso para unas variables de respuesta dadas. En general, los indicadores para dicha selección, de acuerdo a la aplicación final, son los cambios en los valores de pérdida de agua (PA) y ganancia de sólidos (GS) que se determinan experimentalmente [Van Nieuwenhuijzen y col., 2001]. Actualmente existen pocos trabajos con uso de ultrasonido como pretratamiento en la DO para la impregnación de compuestos bioactivos [Alzamora y col., 2005], por lo tanto en el presente trabajo se desarrolló y se aplicó un modelo matemático para la predicción de la transferencia de materia durante la DO del plátano macho (*Musa paradisiaca* var. AAB) con y sin pretratamiento utilizando ultrasonido. Se empleó una solución osmodeshidratante de sacarosa a diferentes concentraciones y temperaturas además la adición de vitamina C (ácido ascórbico) y cuantificación de ésta, para posteriormente realizar los análisis textura a todos los tratamientos.

Metodología

Materiales

Se utilizó plátano macho (*Musa paradisiaca* AAB) obtenido en la región de Tuxtepec. El plátano fue seleccionado en etapa 3 de maduración en la escala de color DOLE [Gallegos, 2012], posteriormente se peló y se cortó en rodajas de 0.5 y 1.0 cm de espesor y 3.5 cm de diámetro.

Pretratamiento con ultrasonido

Antes de la DO se realizó un pretratamiento de ultrasonido al plátano macho, empleando un baño ultrasónico (Elmasonic P) durante 30 min a 80 kHz con amplitud de 100% con función "pulso"; después de 5 min de tratamiento, las muestras se limpiaron con papel absorbente y cada una de ellas se pesó antes de someterlas a la deshidratación osmótica [Rosas-Mendoza y col., 2012 y Fernandes y col., 2008].

Deshidratación osmótica

Se realizaron cinéticas de DO tanto a las muestras en estado fresco (sin pretratamiento) así como las muestras pretratadas (ultrasonido). Se prepararon las soluciones osmóticas con sacarosa con dos concentraciones: 45 y 60%, con una relación producto-solución 1:15 (p/p) y dos temperaturas 40 y 60 °C. Las muestras frescas y pretratadas fueron sumergidas en soluciones osmóticas contenidas en cristalizadores de 2.5 L. La temperatura y la agitación de la solución fueron aplicadas a través de placas de calentamiento con agitación marca Cimarec. Para mantener regulada la temperatura se utilizaron controladores electrónicos de temperatura modelos A419 (Johnson Controls, Inc., Wisconsin, EUA). Las soluciones se taparon con una cubierta de plástico para evitar pérdidas de concentración por evaporación de agua en las mismas. Las muestras de plátano fueron retiradas a diferentes intervalos de tiempo 5, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 105, 125, 155, 185, 215, 250 min en rodajas de 0.5 cm y en intervalos de tiempo 10, 20, 40, 60, 100, 140, 180, 220, 260, 300 min en rodajas de 1.0 cm [Herman y col., 2012]. Posteriormente se dejaron escurrir, se les lavó el exceso de solución y se secaron con papel absorbente. El contenido de humedad (base húmeda y base seca) fue determinado por el método de la estufa

[AOAC, 2012]. Todos los tratamientos se realizaron por duplicado y fueron completamente aleatorizados. Los datos obtenidos fueron utilizados en la determinación de las cinéticas de DO: pérdida de agua (PA) y ganancia de sólidos (GS) graficando estos valores contra el tiempo (min). Los cálculos de PA y GS se obtuvieron usando las ecuaciones (1 y 2) a partir de un balance de materia [Beristain y col., 1990]:

$$PA = \frac{(M_0)(X_{a.0}) - (M_t)(X_{a.t})}{M_0} \quad (1)$$

Donde: PA es la pérdida de agua (g de agua/g de muestra fresca), M_0 es el peso inicial de la muestra en g, M_t es el peso de la muestra a un tiempo determinado en g, $X_{a.0}$ es la fracción másica de agua inicial en g agua/g alimento seco y, $X_{a.t}$ es la fracción másica de agua a un tiempo determinado en g agua/g alimento seco.

$$GS = \frac{(M_t)(1 - X_{s.t}) - (M_0)(1 - X_{s.0})}{M_0} \quad (2)$$

Donde: GS es la ganancia de sólidos (g de sólidos/g de muestra fresca), M_0 es el peso inicial de la muestra en g, M_t es el peso de la muestra a un tiempo determinado en g, $X_{s.0}$ es la fracción másica de sólidos inicial en g sólidos/g alimento seco y $X_{s.t}$ es la fracción másica de sólidos a un tiempo determinado en g sólidos/g alimento seco.

Impregnación con ácido ascórbico

La concentración de ácido ascórbico (AA) que se adicionó a la solución osmótica en los tratamientos de DO fue de 1.0 g/L de acuerdo a Santacruz-Vázquez y col. [2008], la solución se mantuvo en condiciones de poca luz para mantener la estabilidad del AA determinándose su contenido en mg de ácido ascórbico/100 g de muestra en cada punto de la cinética. Para la simulación de las cinéticas de impregnación de ácido ascórbico en las rodajas de plátano macho se utilizó el modelo de cilindro finito (ecuación 3) y para las cinéticas de degradación se utilizó un modelo por regresión no lineal (ecuación 4) utilizando el software Matlab en su versión 13.0. Los datos experimentales y los valores predichos por estas ecuaciones fueron comparados su ajuste a través del coeficiente de determinación (R^2).

$$C = C_0 \exp^{-kt} \quad (3)$$

$$C = C_0 \exp^{-kt^n} \quad (4)$$

Donde, C es la concentración en mg de ácido ascórbico/100 g de muestra, C_0 es la concentración inicial en mg de ácido ascórbico/100 g de muestra, k y n son parámetro empíricos del modelo y t es tiempo en min.

Simulación de las cinéticas de deshidratación osmótica

Para la predicción de las cinéticas experimentales de PA y GS de las rodajas de plátano macho se utilizó el modelo de Page (ecuación 5) por regresión no lineal utilizando el software Matlab en su versión 13.0. Los datos experimentales y los valores predichos por la ecuación de Page se analizaron a través del coeficiente de determinación (R^2).

$$PA \text{ ó } GS = e^{(-At^B)} \quad (5)$$

Donde: PA o GS es la pérdida de agua o ganancia de sólidos, A y B son valores empíricos de Page y t es el tiempo de proceso de DO en min.

Determinación de textura

Las rodajas de plátano macho después de ser sometidas a un tratamiento osmótico se les retiraron el exceso de humedad con toallas de papel absorbente y se procedió con la determinación de textura. El análisis de las propiedades de textura de las rodajas de plátano macho sometidas a la DO se llevaron a cabo con 15 réplicas de cada muestra, utilizando un texturómetro marca TA.XTPlus. Las condiciones establecidas para la operación del

equipo en rodajas de 0.5 cm de espesor fueron: velocidad de pre-ensayo 2 mm/s, velocidad de ensayo 2 mm/s, velocidad posensayo 10 mm/s, distancia de compresión 12 mm y en rodajas de 1.0 cm de espesor las condiciones fueron: velocidad de pre-ensayo 2 mm/s, velocidad de ensayo 2 mm/s, velocidad posensayo 17 mm/s, y una celda de carga de 30 kg. La prueba de punción consistió en someter la muestra a una fuerza con el fin de medir su firmeza, se determinó mediante ensayos de penetración empleando una sonda cilíndrica de 2 mm (P/2N), el parámetro obtenido en esta prueba fue firmeza (N). El análisis de perfil de textura (TPA) se realizó a través de ensayos de doble compresión usando como aditamento para esta prueba una placa circular plana de compresión de 75 mm (P/75). Los parámetros obtenidos de esta prueba fueron: dureza (N), adhesividad (Ns), gomosidad (Ns-1), masticabilidad (Nmm-1) fracturabilidad (N), elasticidad y cohesividad.

Resultados y discusión

Resultados de cinéticas de deshidratación osmótica

Los resultados mostraron la mayor pérdida de agua (PA) de 41.5% empleando 60% de sacarosa y 60 °C con espesores de 0.5 cm de rodaja usando ultrasonido y adición de ácido ascórbico (Figura 1), con una ganancia de sólidos (GS) de 10.5% a las mismas condiciones, menor en este tratamiento que a 60 °C con ultrasonido pero sin impregnación de AA con un valor de GS de 13.47% (Figura 2) lo cual es bastante favorable en la difusión de agua y de sólidos. Resultados similares se obtuvieron en la DO en frutas tropicales [Genina-Soto y col., 2002] y en manzana [Li y Ramaswamy, 2006b] donde se obtuvieron mayor GS al aumentar la temperatura. Sin embargo, la GS fue menor que la PA en todos los tratamientos debido a que la velocidad de transferencia de sólidos fue menor que la velocidad de transferencia de agua a causa de las diferencias de presiones que se establece por las soluciones hipertónicas. La mayor GS se obtuvo al disminuir el espesor de la rodaja debido a que existe una mayor difusión. Sin embargo, en estas cinéticas se observó un comportamiento diferente a lo esperado, ya que en los tratamientos con ultrasonido combinado con la impregnación de ácido ascórbico se obtuvieron valores menores de GS que solo usando el ultrasonido como pretratamiento. Este efecto fue debido a que con mínimas cantidades de sustancias químicas con pesos moleculares bajos como el ácido ascórbico, se podría obtener mayor reducción en el contenido de humedad de frutas y verduras que con sustancias de mayor peso molecular [Rastogi y Raghavarao, 2002]. Las cinéticas de DO predichas por el modelo de Page simularon la conducta experimental con una R^2 de 0.9864 promedio en todos los tratamientos empleados (figuras 1 y 2).

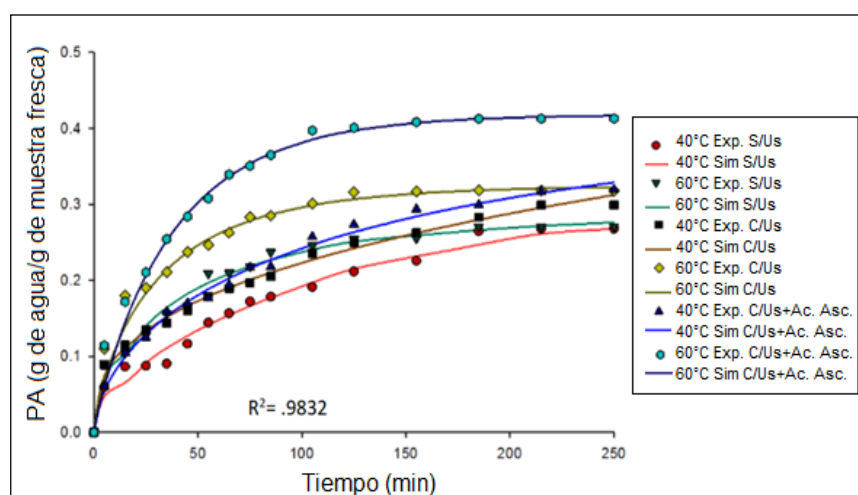


Figura 1. Cinéticas experimentales y predichas de DO de PA con sacarosa al 60% de plátano macho fresco y pretratado en rodajas de 0.5 cm.

Resultados de impregnación de ácido ascórbico en la DO

El uso del ultrasonido favoreció la impregnación de ácido ascórbico, obteniendo mejores resultados en 45% de sacarosa a 40 °C con espesor de 0.5 cm, impregnando 48.53 mg de ácido ascórbico/100 g de muestra como se aprecia en la figura 3. También aquí se mostró que existe una degradación del ácido ascórbico a 60°C, debido a su poca estabilidad a altas temperaturas como lo mostró Veras y col. [2012], donde encontraron que la pérdida de ácido ascórbico con secado convectivo a 50, 60 y 70°C con un flujo de aire de 1.5 m/s fue de 69.1, 80 y 86%

respectivamente, indicando que ocurrió por la oxidación de la vitamina C por las elevadas temperaturas empleadas. En la figura 4 se muestra el efecto particular de la DO en la degradación de ácido ascórbico en plátano macho a las dos concentraciones de sacarosa empleadas y a 40 °C, observándose una pérdida de 5 a 6 mg de ácido ascórbico/100 g de muestra aproximadamente. Es decir, la DO por sí misma produce una degradación de AA del 29 al 35%. Sin embargo, cuando la DO fue tratada con ácido ascórbico, ésta incrementó el contenido de AA en plátano macho de 18% (17 mg de AA/100 g muestra) a 55% (48.53 mg de AA/100 g muestra) de la ingesta diaria requerida que es de 90 mg de AA/100 g de muestra. El grado de correlación (R^2) entre las cinéticas experimentales y simuladas tuvo como promedio para las cinéticas de DO un valor de 0.9005 y 0.8197 para rodajas de 0.5 cm y 1.0 cm respectivamente, por lo que el modelo predijo adecuadamente el comportamiento experimental en las cinéticas de degradación de ácido ascórbico por efecto de la DO (Figura 3).

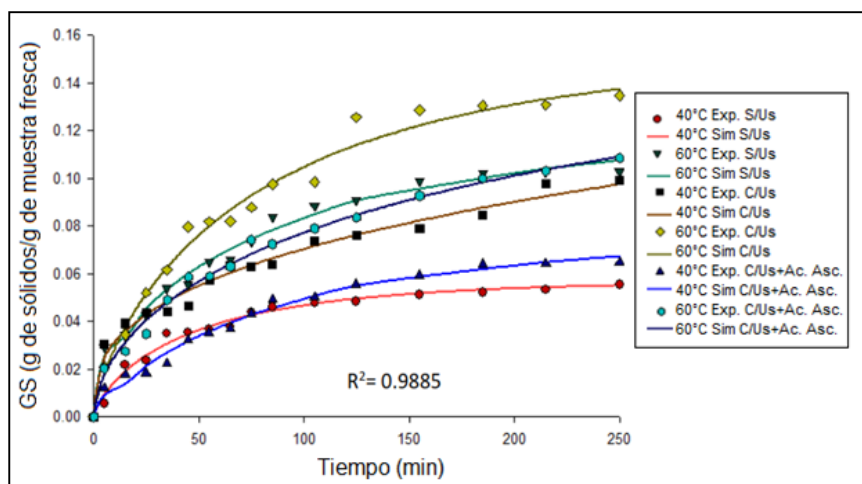


Figura 2. Cinéticas experimentales y predichas de DO de GS con sacarosa al 60% de plátano macho fresco y pretratado en rodajas de 0.5 cm.

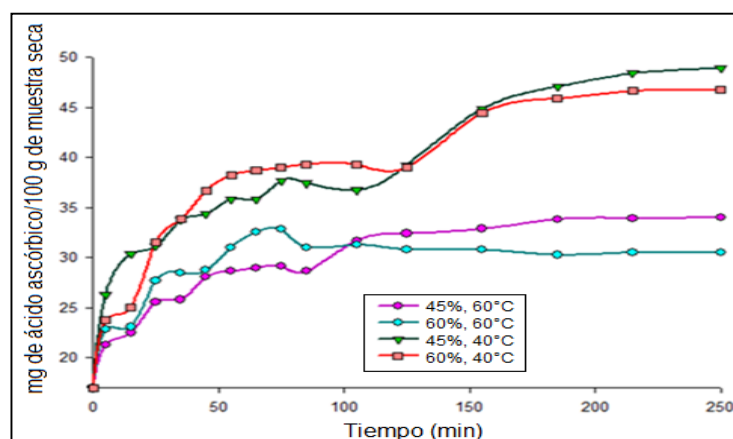


Figura 3. Cinéticas del contenido de ácido ascórbico en la DO con sacarosa al 45 y 60% con temperaturas de 40 y 60°C en plátano macho fresco y pretratado en rodajas de 0.5 cm.

Resultados de textura

La tabla 1 muestra los valores promedios con un intervalo de confianza del 95% de la fuerza máxima de firmeza en cinco puntos de penetración en las rodajas de 0.5 cm cuando fueron sometidas a DO y en fresco. Se observó una disminución en la textura del plátano macho deshidratado osmóticamente sin pretratamiento, es decir las muestras presentaron una textura más suave (la fuerza máxima en Newtons "N" se redujo de 2.35 a 1.53). Sin embargo, el tratamiento con 40 °C y 45 % de sacarosa no mostró diferencia significativa de textura con el control (plátano macho fresco). Esto podría deberse a que los cambios en la textura dependen de los cambios en la

porosidad de las muestras. La porosidad de las muestras se afectó por PA, GS, tiempo de inmersión en la solución osmótica, el contenido y los cambios de humedad de la muestra en la microestructura durante el proceso osmótico.

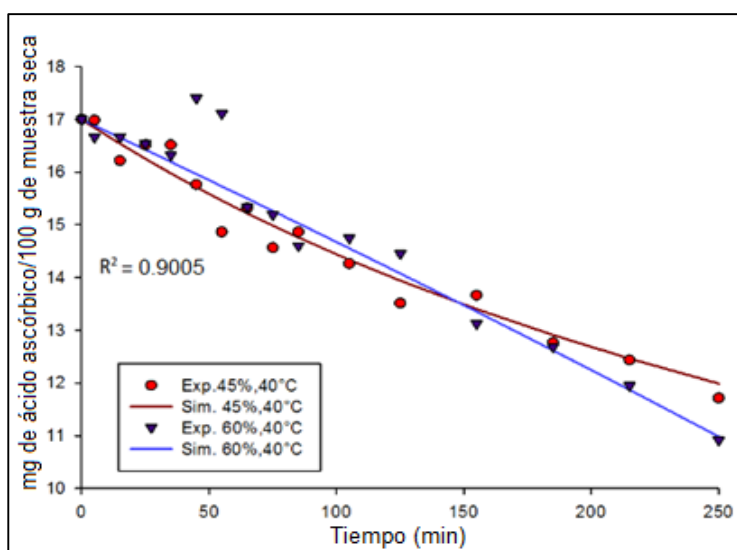


Figura 4. Cinéticas de degradación de ácido ascórbico en la DO con sacarosa al 45 y 60%, con temperatura de 40°C en plátano macho fresco en rodajas de 0.5 cm.

Esto se debe a que el aumento de la concentración de la solución osmótica y la temperatura, la PA y GS también aumentaron. Sin embargo, con el uso del ultrasonido y el tratamiento de ultrasonido con la impregnación de ácido ascórbico no tuvieron diferencias significativas a una $p < 0.05$ en la textura de las muestras tratadas con respecto al plátano macho fresco (control). Por lo que el uso de estos tratamientos no causó ningún daño, ni modificó la textura del plátano macho durante la DO. Excepto el tratamiento con ultrasonido a 60 °C y 60% de sacarosa.

Tabla 1. Resultados de firmeza en rodajas de plátano macho de 0.5 cm deshidratado osmóticamente con sacarosa.

Tratamiento (Espesor, %Sacarosa, Temperatura)	Firmeza (N)		
	Sin pretratamiento	Con ultrasonido	Con ultrasonido e impregnación de ácido ascórbico
Plátano fresco ^A	2.3458 ± 0.7329^{a,b}	2.3458 ± 0.7329^a	2.3458 ± 0.7329^a
0.5 cm, 45%, 40°C	2.1394 ± 0.3653^{a,b}	2.6454 ± 0.5788^{a,b}	2.5692 ± 0.4758^a
0.5 cm, 60%, 40°C	2.4238 ± 0.3141 ^b	2.8320 ± 0.6061^{a,b}	2.7234 ± 0.3619^a
0.5 cm, 45%, 60°C	1.5274 ± 0.1413 ^c	2.3200 ± 0.2000^a	2.8708 ± 0.1622^a
0.5 cm, 60%, 60°C	1.6752 ± 0.1939 ^c	3.3390 ± 0.6507 ^b	2.4410 ± 0.2085^a

*Todos los resultados son el promedio de 25 repeticiones. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$). Donde ^A Muestra control.

Los tratamientos osmóticos modifican la resistencia de las paredes celulares además de provocar un posible daño estructural en la organización celular (desunión de células) [Chiralt y Talens, 2005]. En la tabla 2 se muestran los resultados del TPA del plátano macho deshidratado osmóticamente sin pretratamiento, con ultrasonido y con ultrasonido e impregnación de ácido ascórbico, comparado con el control (plátano macho fresco) en rodajas de 0.5 cm. Donde se observó que de acuerdo al análisis estadístico hubo diferencia significativa ($p < 0.05$) con el

control en los parámetros de dureza, adhesividad y cohesividad, en este último excepto a 60% de sacarosa con 60 °C sin pretratamiento de ultrasonido. En la gomosis también se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) excepto en los tratamientos de 45% de sacarosa a 40 °C sin tratamiento, 45 y 60% de sacarosa a 40 °C con ultrasonido y 60% de sacarosa a 60 °C con ultrasonido e impregnación de ácido ascórbico, con valores promedio cercanos a 90 N/s. En cuanto a masticabilidad se presentaron diferencias significativas en todos los tratamientos, exceptuando en los tratamientos de 60% de sacarosa a 40 °C, 45 y 60% de sacarosa a 60 °C sin tratamiento y a 60% de sacarosa con 60 °C con ultrasonido e impregnación de ácido ascórbico. La elasticidad fue el perfil de textura que menor diferencia significativa tuvo con el control, teniendo ocho tratamientos de doce que no se diferenciaron con el plátano macho fresco. Finalmente, el tratamiento a 60% de sacarosa a 60 °C con ultrasonido e impregnación de AA no modificó el perfil de textura en elasticidad, masticabilidad y gomosis.

Tabla 2. Resultados de TPA de plátano deshidratado osmóticamente con sacarosa sin y con ultrasonido, con impregnación de ácido ascórbico, con un espesor de 0.5 cm.

TRATAMIENTOS (%Sacarosa, Temperatura)	Dureza (N)	Cohesividad	Elasticidad	Adhesividad (Ns)	Masticabilidad (Nmm ⁻¹)	Gomosis (Ns ⁻¹)
Plátano fresco ^A	161.85 ± 3.88 ^a	0.56 ± 0.03 ^a	0.64 ± 0.58 ^a	2.38 ± 0.75 ^a	58.42 ± 5.87 ^a	90.23 ± 6.00 ^a
45%, 40°C ST	135.86 ± 3.38 ^b	0.66 ± 0.01 ^c	1.16 ± 0.18^a	1.02 ± 0.09 ^{b,c}	104.49 ± 18.79 ^d	90.12 ± 2.17^a
60%, 40°C ST	111.83 ± 10.17 ^c	0.64 ± 0.04 ^c	0.96 ± 0.10^a	0.60 ± 0.05 ^c	69.14 ± 11.24^a	72.26 ± 10.12 ^b
45%, 60°C ST	129.03 ± 11.81 ^b	0.60 ± 0.01 ^b	1.05 ± 0.03^a	1.34 ± 0.27 ^b	80.53 ± 6.79^a	77.16 ± 7.69 ^b
60%, 60°C ST	108.88 ± 5.95 ^c	0.58 ± 0.02^{a,b}	1.05 ± 0.03^a	0.99 ± 0.26 ^{b,c}	65.85 ± 7.90^a	62.96 ± 3.37 ^c
45%, 40°C ^{US}	125.47 ± 9.63 ^b	0.68 ± 0.03 ^b	1.01 ± 0.02^{a,b}	0.44 ± 0.05 ^{b,c}	85.86 ± 8.20 ^b	85.04 ± 7.94^{a,b}
60%, 40°C ^{US}	130.42 ± 8.83 ^b	0.71 ± 0.03 ^{b,c}	1.02 ± 0.17^{a,b}	0.65 ± 0.22 ^b	93.29 ± 12.71 ^b	91.93 ± 6.97^a
45%, 60°C ^{US}	105.85 ± 5.70 ^c	0.76 ± 0.03 ^d	1.24 ± 0.14 ^b	0.56 ± 0.23 ^{b,c}	98.99 ± 4.92 ^b	80.31 ± 6.78 ^b
60%, 60°C ^{US}	90.73 ± 3.90 ^d	0.72 ± 0.01 ^{c,d}	0.73 ± 0.25^a	0.09 ± 0.04 ^c	47.69 ± 14.94 ^c	65.65 ± 2.48 ^c
45%, 40°C ^{US+AA}	123.33 ± 7.95 ^{c,d}	0.67 ± 0.03 ^b	1.02 ± 0.03 ^b	0.44 ± 0.05 ^d	84.77 ± 7.33 ^b	83.13 ± 6.56 ^{b,c}
60%, 40°C ^{US+AA}	129.03 ± 11.81 ^{b,c}	0.60 ± 0.01 ^c	1.05 ± 0.03 ^b	1.34 ± 0.27 ^b	80.53 ± 6.79 ^b	77.16 ± 7.69 ^c
45%, 60°C ^{US+AA}	113.70 ± 14.87 ^d	0.69 ± 0.02 ^b	1.08 ± 0.10 ^b	1.06 ± 0.08 ^{b,c}	85.40 ± 10.05 ^b	78.40 ± 11.90 ^c
60%, 60°C ^{US+AA}	136.64 ± 4.07 ^b	0.69 ± 0.01 ^b	0.78 ± 0.25^{a,b}	0.71 ± 0.14 ^{c,d}	74.29 ± 18.80^{a,b}	93.96 ± 4.68^a

*Todos los resultados son el promedio de 10 repeticiones. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$). Donde: ^A Muestra control, ST sin tratamiento, ^{US} pretratamiento de ultrasonido, ^{US+AA} pretratamiento de ultrasonido e impregnación de ácido ascórbico.

Trabajo a futuro

Falta por realizar el análisis de contenido total de polifenoles y actividad antioxidante en el plátano macho obtenido por deshidratación osmótica con impregnación de ácido ascórbico y con pretratamiento de ultrasonido.

Conclusiones

La pérdida de agua y la ganancia de sólidos durante la DO del plátano macho se incrementaron con el aumento en la concentración de la solución osmótica, la temperatura del proceso y la disminución del espesor de la rodaja. Las cinéticas de DO predichas por el modelo de Page simularon y ajustaron la conducta experimental de las cinéticas con una R² de 0.9864 promedio en todos los tratamientos. La DO incrementó el contenido de AA de 18 a 55% de la ingesta diaria requerida. La firmeza en rodajas de 0.5 cm no cambió significativamente al impregnarla con ácido ascórbico, aunque en rodajas de 1.0 cm la firmeza de la muestra aumentó con respecto al plátano macho fresco. Sin embargo, en el análisis de perfil de textura la elasticidad, gomosis y masticabilidad fueron los parámetros menos afectados en rodajas de 0.5 cm, mientras que a espesor de 1.0 cm hubo diferencia

significativa con el control en la mayoría de los tratamientos. La deshidratación osmótica podría ser un método alternativo no solo de secado sino para mejorar el valor nutricional y físico de alimentos.

Agradecimientos

A la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST) por el registro del presente trabajo con clave: TUX-MCALI-2013-300.

Referencias

1. Alzamora, S. M.; Salvatori, D.; Tapia, M. S.; Lopez-Malo, A.; Welti-Chames, J. and Fito, P. (2005). Novel functional foods from vegetable matrices impregnated with biologically active compounds. *Journal of Food Engineering*. **(67)** 205–214.
2. AOAC, Official Methods of Analysis. (2012). Determination of vitamin C, *Association of Official Analytical Chemists*, 19a. Edition, Washington, D.C.
3. Beristain, C. I.; Azuara, E.; Cortés, R. and García, H. S. (1990). Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings. *International Journal Food Science and Technology*. **(25)** 576-582.
4. Chiralt, A. and Talens, P. (2005). Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plants tissues. *Journal of Food Engineering*. **(67)** 167-177.
5. Fernandes, F. A. N.; Gallao, M. I. and Rodrigues, S. (2008). Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*. **(41)** 604–610.
6. Fuente-Blanco, S.; Sarabia, E.R.F.; Acosta-Aparicio, V.M.; Blanco-Blanco, A. and GallegoJuárez, J.A. (2006). Food drying process by power ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*. **(44)** 523–527.
7. Gallegos Marín, I. (2012). Tesis de Maestría. Enriquecimiento de aceite de soya con ácido linoleico conjugado para la elaboración de chips de plátano macho (*Musa paradisiaca* var. AAB). Tuxtepec, Oax. México.
8. Genina Soto, P. (2002). Deshidratación osmótica: alternativa para conservación de frutas tropicales. *Revista Avance y Perspectiva*. **(21)** 321–324.
9. Herman-Lara, E.; Martínez-Sánchez, C.E.; Pacheco-Angulo, H.; Carmona-García, R.; Ruiz-Espinosa, H. and Ruiz-López, I.I. (2012). Mass transfer modeling of equilibrium and dynamic periods during osmotic dehydration of radish NaCl solutions. *Food and Bioprocess Processing*. **(91)** 216-224.
10. Li, H. and Ramaswamy, H.S. (2006b). Osmotic dehydration of apple cylinders: II. Continuous medium flow microwave heating conditions. *Drying Technology*. **(24)** 643-651.
11. Maldonado, S.; Santapaola, J.E.; Singh, J.; Torrez, M. and Garay, A. (2007). Cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. **(1)** 251-256.
12. Ochoa-Martínez, C.I. y Ayala-Aponte. (2005). Modelos matemáticos de transferencia de masa en deshidratación osmótica. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. **(4)** 330-342.
13. Rastogi, N.K. and Raghavarao, K.S.M.S. (2002). Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science and Technology*. **(13)** 48-59.
14. Rosas-Mendoza, M.E.; Fernandez-Muñoz, J. L. and Arjona-Roman, J. L. (2012). The effects of ultrasonic pretreatment and structural changes during the osmotic dehydration of the 'Starking' apple (*Malus domestica* Borkh), *Spanish Journal of Agricultural Research*. **(10)** 299-305.
15. Sablani, S.S. and Rahman, M.S. (2003). Effect of syrup concentration, temperature and sample geometry on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of mango. *Food Research International*. **(36)** 65-71.
16. Santacruz-Vazquez, C.; Santacruz-Vazquez, V.; Jaramillo-Flores, M.E.; Chanona-Perez, J.; Welti-Chanes, J. and Gutierrez-Lopez, G.F. (2008). Application of osmotic dehydration processes to produce apple slices enriched with β -carotene. *Drying Technology*. **(26)** 1265–1271.
17. Saputra, D. (2001). Osmotic dehydration of pineapple. *Drying Technology*. **(19)** 415-425.
18. Van Nieuwenhuijzen, N. H.; Zareifard, M. R. and Ramaswamy, H. S. (2001). Osmotic drying kinetics of cylindrical apple slices of different sizes. *Drying Technology*. **(19)** 525-545.
19. Veras A. O. M.; Béttega R.; Freire F. B.; Barrozo M. A. S. and Freire J. T. (2012). Drying kinetics, structural characteristics and vitamin C retention of dedo-de-moça pepper (*Capsicum baccatum*) during convective and freeze-drying. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. **(29)** 741-750.

Propiedades funcionales de almidón oxidado con hipoclorito de sodio a diferentes concentraciones de cloro activo

R. Carmona García^{1*}, A. Aguirre Cruz, C.E. Martínez Sánchez, E. Herman y Lara.

¹Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Tuxtepec. Col. 5 de Mayo, avenida Dr. Víctor Bravo Ahúja C.P 68350, Tuxtepec, Oax. México.

²Departamento de Biotecnología, Universidad del Papaloapan. Circuito Central #200, colonia Parque Industrial, C.P. 68301 Tuxtepec, Oax. México.

*rose_car@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se obtuvieron 5 almidones de malanga modificados por oxidación con hipoclorito de sodio utilizando diferentes concentraciones de cloro activo (0.25, 0.75, 1.25, 2.0 y 3.0%), estos almidones oxidados fueron caracterizados química y funcionalmente. El contenido de carbonilos fue de 0.06 a 0.13% y el de carboxilos de 0.02 a 0.27%. Mediante espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR), se observaron las señales características de un almidón nativo (AN), sin embargo los oxidados, presentaron además una señal a 1640 cm⁻¹ correspondientes a vibraciones de enlaces de grupos carbonilos y carboxilos formados. El contenido de humedad fue mayor en las muestras oxidadas que en AN, debido a que la oxidación aumentó el carácter hidrofílico del almidón. La solubilidad y poder de hinchamiento del AN y oxidados incrementó con forme aumentó la temperatura de medición (60, 80 y 90 °C). Sin embargo, el comportamiento dependió de la concentración de cloro activo utilizado.

Palabras clave: almidón de malanga, almidón oxidado, hipoclorito de sodio, propiedades funcionales.

Abstract

Five taro starch modified by oxidation with sodium hypochlorite using different concentrations of active chlorine (0.25, 0.75, 1.25, 2.0 and 3.0%) were obtained, these oxidized starches were characterized chemically and functionally. The carbonyl content was 0.06 to 0.13% at the carboxyl and 0.02 to 0.27% at. Spectroscopy in Fourier transform infrared (FTIR), characteristics signals a native starch (AN) were observed, however the oxidised, also presented at 1640 cm⁻¹ a signal corresponding to vibration of bonds formed carbonyl and carboxyl groups. Moisture content was higher in the oxidized samples in AN, because the oxidation increased the hydrophilicity of the starch. The solubility and swelling power of AN and oxidized forms increased with increased temperature measurement (60, 80 and 90 °C). However, the behavior dependent on the concentration of active chlorine used.

Introducción

El almidón es un carbohidrato de reserva de las plantas y comúnmente es aislado de una gran cantidad de tubérculos y cereales. Es un material relativamente barato que presenta propiedades físicas y químicas que lo hacen ideal para ser usado en aplicaciones alimenticias y no alimenticias. La funcionalidad del almidón ha sido amplificada debido a la habilidad que presentan los gránulos de almidón de ser modificados química, genética y enzimáticamente, sin embargo la variación de las propiedades del almidón también tienen una alta dependencia del genotipo de la planta y del lugar de cultivo (Morrison *et al.*, 2000; Wischmann *et al.*, 2005). El objetivo de varias investigaciones ha sido la caracterización de las propiedades de diferentes almidones. Algunas de ellas tomando en cuenta la variación entre las especies de plantas (Reddy y Seib, 2000), variedades (Sefa-Dedeh y Kofi-Agyir Sackey, 2002; Thitipraphunkul *et al.*, 2003) y condiciones de cultivo (Morrison *et al.*, 2000). En los últimos años muchas propiedades de los almidones han sido re-analizadas debido al uso de técnicas más avanzadas y surgimiento de almidones aislados de fuentes no convencionales (Meló *et al.*, 2003; Sánchez-Hernández *et al.*, 2002). Este interés también puede ser debido en parte a la búsqueda de almidones que presenten nuevas o mejores propiedades. En este sentido la malanga (*Colocasia esculenta* Schott), es un tubérculo que presenta un alto contenido de almidón (60-74%), por lo que puede ser usado como una fuente no convencional para el aislamiento de este. Las propiedades físicas y químicas presentes en el gránulo de almidón están relacionadas con las características moleculares y estructurales de los mismos, por lo que es necesaria su caracterización para conocer su comportamiento. Por otro lado, a pesar de que el almidón en estado nativo es un buen estabilizador y regulador de textura en los alimentos (Cousidine, 1982), presenta algunas limitaciones como son baja resistencia a esfuerzos de corte, baja estabilidad térmica y alta tendencia a

retrogradar, que limitan su uso en algunas aplicaciones de la industria alimentaria. Esto ha sido solucionado con técnicas de modificación física, enzimática y química. Las modificaciones involucran alteraciones en las características físicas y químicas del almidón en estado nativo, con la finalidad de mejorar sus propiedades funcionales y generar almidones con aplicaciones alimenticias específicas. El conocimiento acerca de los cambios estructurales causados por la modificación química de los gránulos de almidón aislado de una fuente no convencional puede ser de gran importancia para el entendimiento de los cambios en sus propiedades funcionales y desarrollo de almidones modificados químicamente con propiedades deseadas. Es por ello que en este trabajo se utilizó almidón aislado a partir de malanga (*Colocasia esculenta* Schott) para ser modificado por oxidación y evaluar el efecto del nivel de oxidación sobre su composición química y propiedades funcionales.

Metodología

Materiales

La malanga fue proporcionada por agricultores de la localidad de paso la Hamaca de la Ciudad de Tuxtepec, Oaxaca, el hipoclorito de sodio al 5% de cloro activo fue marca Meyer.

Aislamiento del almidón a partir de malanga y preparación de los almidones oxidados

Para la extracción del almidón de malanga se utilizó el método Flores-Gorosquera *et al.* (2004), modificado por Barragán-Zarate (2013). La oxidación del almidón se realizó por el método establecido por Wang y Wang, 2003. Para la oxidación del almidón se pesaron 120 g de almidón de malanga al cual se le adicionaron 215 mL de agua destilada. Se colocó el almidón en un matraz de 3 bocas en un cristizador con agua, ajustando a este a una temperatura de 35 °C, al alcanzar dicha temperatura se ajustó el pH a 9.5 con NaOH al 2N. Al establecer dicho pH se adicionó el hipoclorito de sodio de acuerdo al porcentaje de oxidación requerido (0.25%, 0.75%, 1.25%, 2.0% y 3.0%), de manera lenta y durante 30 min manteniendo el pH de este en 9.5 con H₂SO₄ 1N. Después de este lapso de tiempo el almidón se mantuvo a un pH de 9.5 con NaOH 1N durante 50 min. Al concluir el tiempo el pH del almidón se ajustó a 7.0 con H₂SO₄ al 1N. El almidón obtenido se centrifugó haciéndole a este 4 lavados de 15 min cada uno con 25 mL de agua destilada a una temperatura de 10 °C. El almidón obtenido se colocó en un cristizador y fue llevado a una estufa durante 24 h a 60 °C. Los almidones oxidados obtenidos fueron codificados como se muestra a continuación.

Código	Nombre completo
AN	Almidón nativo (0% de cloro activo)
AO 0.25%	Almidón oxidado con 0.25% de cloro activo
AO 0.75%	Almidón oxidado con 0.25% de cloro activo
AO 1.25%	Almidón oxidado con 0.25% de cloro activo
AO 2.0%	Almidón oxidado con 0.25% de cloro activo
AO 3.0%	Almidón oxidado con 0.25% de cloro activo

Caracterización de los almidones oxidados

Determinación del contenido de carbonilos y carboxilos

Carbonilos

El contenido de carbonilo se determinó siguiendo el método de titulación de Smith (1967). Donde 4 g de muestra de almidón se suspendieron en 100 mL de agua destilada en un matraz de 500 mL. La suspensión se gelatinizó en un baño de agua hirviendo durante 20 min, se enfrió a 40 °C, y se ajustó el pH a 3.2 con HCl al 0.1 N, y se añadió con 15 mL de reactivo de hidroxilamina. Se tapó el matraz y se colocó en un baño de agua a 40 °C durante 4 h con agitación lenta. El exceso de hidroxilamina se determinó por titulación rápidamente la mezcla se ajustó a pH 3.2 con 0.1 N de HCl estandarizadas. Una determinación en blanco con sólo reactivo de hidroxilamina se llevó a cabo de la misma manera. El reactivo de hidroxilamina se preparó disolviendo en primer lugar 25 g de hidrocloreto de hidroxilamina en 100 mL de NaOH 0.5 N antes de que el volumen final se ajustara a 500 mL con agua destilada. Mediante la siguiente ecuación se determinó el contenido de carbonilos.

$$\text{Contenido de carbonilos} = \frac{[(\text{Blanco} - \text{Muestra})\text{mL} \times N \text{ del ácido} \times 0.028 \times 100]}{\text{Peso de la muestra (base seca) en g}}$$

Carboxilos

El contenido de carboxilo de almidón oxidado se determinó de acuerdo con el procedimiento modificado de Chattopadhyay *et al.* (1997). Donde 2 g de muestra de almidón se mezclaron con 25 mL de HCl 0.1 N, y la suspensión se agitó de vez en cuando durante 30 min con un agitador magnético. La suspensión entonces se filtró a vacío a través de un embudo de 150 mL y se lavó con 400 mL de agua destilada. La torta de almidón fue cuidadosamente transferida a un vaso precipitado de 500 mL, y se ajustó el volumen a 300 mL con agua destilada. La suspensión de almidón se calentó en un baño de agua hirviendo con agitación continua durante 15 min para asegurar la gelatinización completa. La dispersión de almidón caliente se ajustó a 450 mL con agua destilada y el pH a 8.3 con NaOH al 0.01 N estandarizado. Un ensayo en blanco se realizó con almidón no modificado. A través de la ecuación 2 se determinó el contenido de carboxilos. A través de la siguiente ecuación se determinó el contenido de carboxilos.

$$\frac{\text{Miliequivalentes de acidez}}{100 \text{ g de almidón}} = \frac{[(\text{Muestra} - \text{Blanco})\text{mL} \times N \text{ NaOH} \times 100]}{\text{Peso de la muestra (base seca) en g}}$$

$$\% \text{Carbonilos} = \frac{[\text{Miliequivalentes de acidez}]}{100 \text{ g de almidón}} \times 0.045$$

Análisis de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)

Los estudios de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier se realizaron utilizando un espectrómetro de infrarrojo con transformada de Fourier e interferómetro DYNASCAN, Perkin Elmer, modelo *Spectrum 100* serie 82085. Los espectros fueron obtenidos en una resolución de 16 scans, en el rango de 4000-515 cm⁻¹.

Determinación de la composición químico proximal y propiedades funcionales

Composición químico proximal (AOAC, 1997)

Humedad: Se pesaron 2 g de muestra los cuales se secaron en una estufa a 130 ± 3 °C por 1 h. La humedad se determinó por diferencia de peso. **Lípidos:** Para la extracción de los lípidos se utilizó éter de petróleo como disolvente, utilizando un sistema de extracción soxhlet a 3 g de muestra. **Proteína:** Se determinó indirectamente por la cuantificación del nitrógeno total utilizando el método Kjeldahl, con un factor de conversión de 5.85. **Cenizas:** Fue determinado calculando la pérdida en peso de 3 g de muestra después de su incineración a 600 °C durante 3 h en mufla.

Propiedades funcionales: El Índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento fue determinado por el método de Schoch, 1964, modificado de Sathe y Salunkhe, 1981.

Resultados y discusión

Contenido de carbonilos y carboxilos

De acuerdo a la tabla 1 se puede observar que tanto en contenido de carbonilos y carboxilos aumentan conforme aumenta la concentración de cloro activo usado. Sin embargo el contenido de grupos carboxilos aniveles de 2 y 3% de cloro activo utilizado se alcanzó una mayor formación de grupos carboxilos que de carbonilos, esto puede ser debido a que el hipoclorito de sodio promueve la formación de grupos carboxilos en comparación con la reacción en medio ácido y con peróxido de hidrogeno (Boruch, 1985; Parovuori *et al.*, 1995).

Tabla 1. Contenido de carbonilos y carboxilos en los almidones oxidados (AO).

Concentración de cloro activo (%)	Carbonilos (%)	Carboxilos (%)
AO 0.25	0.06 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a
AO 0.75	0.07 ± 0.00 ^b	0.05 ± 0.00 ^b
AO 1.25	0.09 ± 0.00 ^c	0.08 ± 0.02 ^c
AO 2.0	0.11 ± 0.00 ^d	0.17 ± 0.00 ^d
AO 3.0	0.13 ± 0.00 ^e	0.27 ± 0.00 ^e

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviación estándar.

Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa (p<0.05)

Espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR)

En la Figura 1 se muestran los espectrogramas del almidón nativo (AN), y oxidados con diferentes concentraciones de cloro activo 0.25% (AO 0.25), 0.75% (AO 0.75), 1.25% (AO 1.25), 2.0% (AO 2.0) y 3.0% (AO 3.0). El almidón nativo presentó un espectrograma en el cual de 400 a 1250 cm^{-1} se observa la región conocida como la "huella dactilar" (Olsen, 1990), se observan también 3 picos característicos entre 929 y 1150 cm^{-1} , los cuales se atribuyen al estiramiento del enlace C-O (Goheen y Wool, 1991). El pico localizado a 1336 cm^{-1} es asignado a la flexión de tijereteo del grupo CH_2 y el pico a 2926 cm^{-1} es característico de los estiramientos de los enlaces C-H asociados con el anillo de glucopiranososa (Mano *et al.*, 2003).

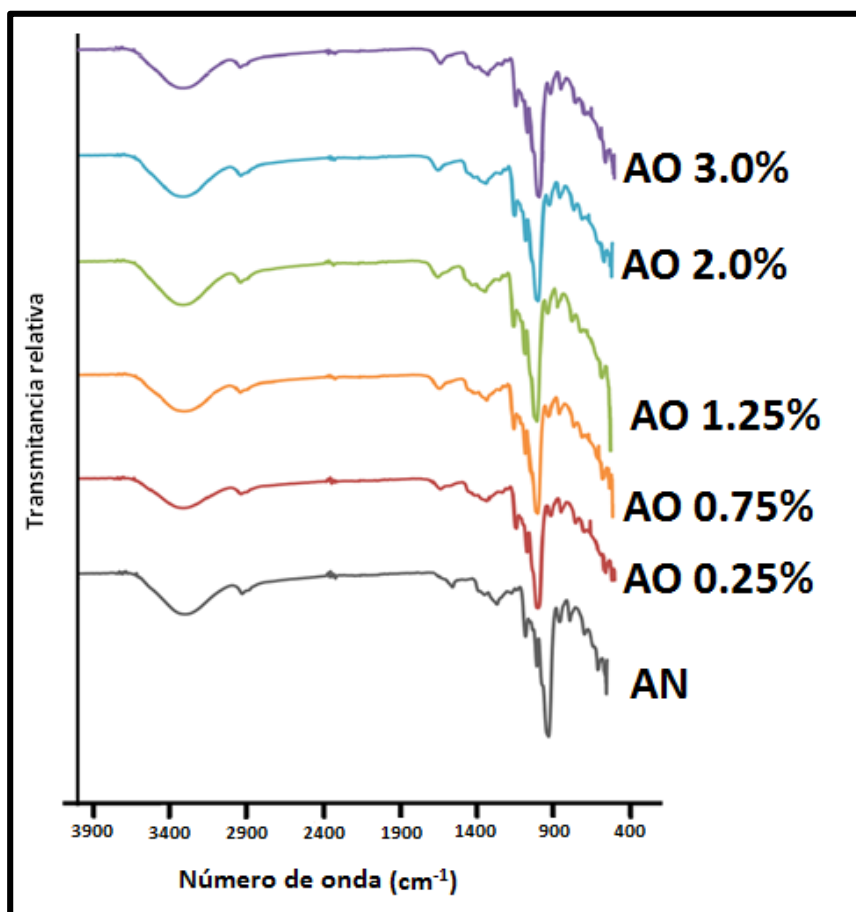


Figura 1. Poder de hinchamiento (HP) del almidón nativo y oxidados. Letras minúsculas diferentes (efecto de la concentración de cloro activo) y mayúsculas (efecto de temperatura) indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

La banda amplia que se encuentra desde 3000-3900 cm^{-1} es debido al enlace de hidrogeno de los grupos hidroxilo que contribuyen a las vibraciones de los estiramientos asociados con el enlace libre inter e intra molecular del grupo hidroxilo, siendo una característica muy particular del almidón (Fang *et al.*, 2002) y la señal observada a los 1635 cm^{-1} se ha reportado que corresponde al agua adsorbida en la región amorfa de los gránulos de almidón (Wilson *et al.*, 1991; Park *et al.*, 2000). Con respecto a los almidones oxidados con diferentes concentraciones de cloro activo (0.025%, 0.075%, 1.25%, 2.0% y 3.0%) se observaron las mismas señales, con la particularidad que aun número de onda de 1640 cm^{-1} , corresponde a las vibraciones de los enlaces de los grupos carbonilos y carboxilos ($\text{C}=\text{O}$ y COOH), los cuales fueron formados durante la oxidación del almidón, indicando con esto que la modificación química fue realizada.

Composición químico proximal

La composición químico proximal de los almidones oxidados se presentan en la Tabla 2. El contenido de humedad del almidón nativo (0% de cloro activo) presentó un contenido de humedad de 4.491% el cual es menor al reportado por Antonio-Estrada *et al.* (2009) en almidón de malanga de la misma especie (6.25%), esta diferencia puede ser debido al método de obtención empleado. Los almidones oxidados con 0.25 y 3% de cloro activo presentaron un contenido de humedad similar (6.268 y 5.826%, respectivamente) sin embargo, los mayores contenidos de humedad fueron aquellos oxidados con 0.75, 1.25 y 2% de cloro activo. El aumento en el contenido de humedad puede ser debido a que la oxidación aumentó el carácter hidrofílico del almidón ya que oxidó los grupos hidroxilo a grupos carbonilos y carboxilos haciendo el almidón más susceptible a hidratarse bajo las mismas condiciones de almacenamiento. Un comportamiento similar fue observado por Zamudio-Flores (2005) en almidón de plátano oxidado con hipoclorito de sodio a varias concentraciones de cloro activo (0.5, 1 y 1.5%). Adebowale *et al.*, (2002) reportaron que la oxidación con hipoclorito de sodio a una concentración de 2% de cloro activo aumentó el contenido de humedad de 9.50 a 14.80% en almidón de cacahuate Bambarra (*Voandzeia subterranean*). El contenido de proteínas del almidón nativo fue de 3.19% valor similar al reportado por Barragán-Zarate (2013) en almidón de malanga de la misma variedad (3.61%). Con respecto al contenido de lípidos, este fue incrementando con forme aumentó la concentración de cloro activo utilizada, estos resultados no concuerdan con lo reportado por otros autores en almidones de diferentes fuentes botánicas, donde el contenido de lípidos disminuye, además mencionan que los ácidos grasos libres se reducen del 15 al 20% en la etapa temprana de la oxidación (Thomas y Atwell, 1999; Lawal *et al.*, 2005; Sánchez-Rivera, 2005).

Tabla 2. Composición químico proximal del almidón nativo (AN) y oxidados (AO).

MUESTRA	COMPONENTE (%)			
	HUMEDAD	CENIZAS	PROTEÍNAS	LÍPIDOS
AN	4.49 ± 0.26 ^a	1.70 ± 0.01 ^a	3.19 ± 0.27 ^b	0.33 ± 0.00 ^a
AO 0.25%	6.26 ± 0.18 ^{bc}	1.57 ± 0.38 ^a	4.91 ± 0.03 ^c	0.46 ± 0.01 ^b
AO 0.75%	7.13 ± 0.67 ^c	2.11 ± 0.17 ^b	2.49 ± 0.11 ^a	0.53 ± 0.02 ^c
AO 1.25%	6.88 ± 0.31 ^c	2.42 ± 0.16 ^c	2.43 ± 0.29 ^a	0.68 ± 0.00 ^d
AO 2.0%	6.45 ± 1.14 ^{bc}	2.90 ± 0.17 ^d	3.05 ± 0.21 ^b	0.77 ± 0.00 ^e
AO 3.0%	5.82 ± 0.44 ^b	3.43 ± 0.12 ^e	2.92 ± 0.00 ^b	0.85 ± 0.00 ^f

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviación estándar.

Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$)

Índice de solubilidad en agua (ISA)

Generalmente el almidón inicia su temperatura de gelatinización entre los 60 a 70 °C, esto debido a que una pequeña cantidad de moléculas de almidón son capaces de lixivarse de los gránulos y estas son probablemente las moléculas de amilosa, y esta lixiviación va en aumento conforme aumenta la temperatura tanto el almidón nativo como en los oxidados, como se muestra en la Figura 2. Este comportamiento también fue reportado por Adebowale *et al.* (2002) en almidón de maíz modificado por oxidación. Por otro lado el ISA de los almidones oxidados con 0.25, 0.75, 2.0 y 3.0% de cloro activo medido a una temperatura de 60 °C son similares ya que no se encontró diferencia estadística significativa, sin embargo estos valores fueron mayores que su contraparte nativa, este aumento puede ser debido probablemente a la mejora en su capacidad de hidratación como resultado de la introducción de los grupos funcionales, sin embargo el AO 1.25% muestra los valores mayores de ISA que puede ser debido a la depolimerización de las moléculas de amilosa y amilopectina (Wang y Wang 2003). Este mismo comportamiento fue observado a 70, 80 y 90 °C, donde el AO 0.75% muestra los valores más altos de ISA, seguido del AO 0.25% quien presenta un valor similar.

Poder de hinchamiento (PH)

Los resultados obtenidos de la determinación de poder de hinchamiento (PH) se presentan en la Figura 3. El poder de hinchamiento de los almidones fue incrementando conforme fue incrementando la temperatura. A 60 °C el AN el AO 0.25, AO 0.75, y AO 1.25% presentan valores similares de PH sin embargo en AO 2.0 y AO 3.0 % se presenta una disminución en el PH estos resultados concuerdan con los reportados por Wang y Wang (2003).

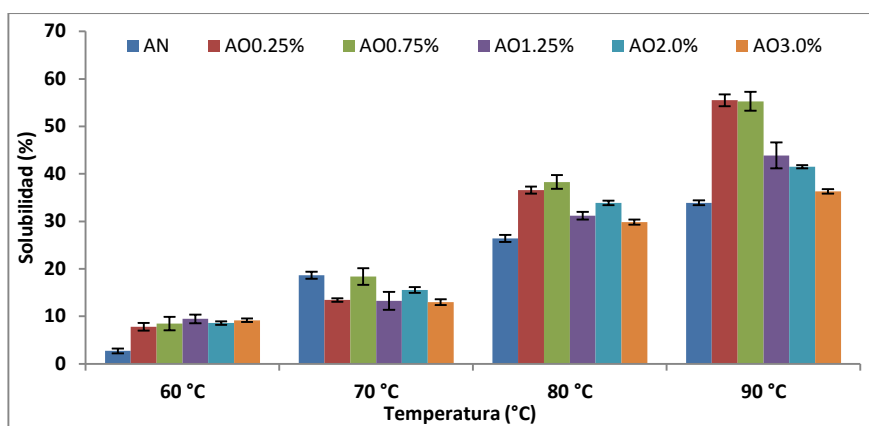


Figura 2. Índice de solubilidad en agua (ISA) del almidón nativo y oxidados Letras minúsculas (efecto de la concentración de cloro activo) y mayúsculas (efecto de temperatura) diferentes indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

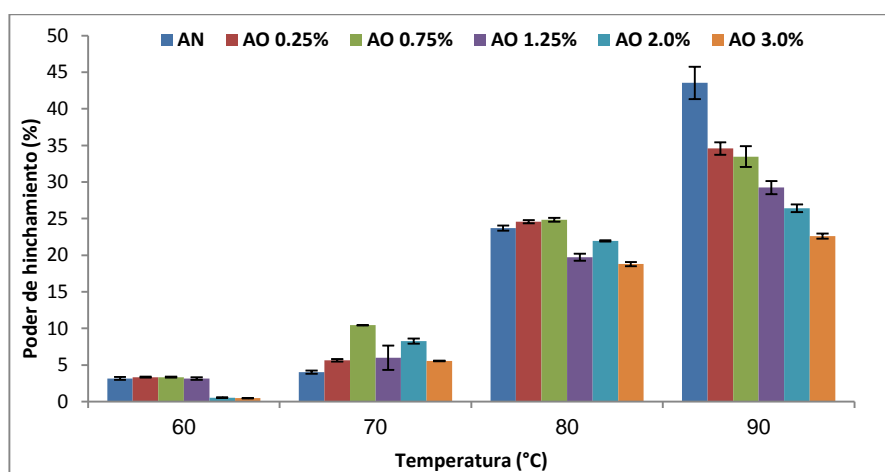


Figura 3. Poder de hinchamiento (HP) del almidón nativo y oxidados Letras minúsculas (efecto de la concentración de cloro activo) y mayúsculas (efecto de temperatura) diferentes indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

Esta disminución en el PH con respecto al aumento del nivel de cloro activo utilizado puede ser debido a que mayores niveles de cloro utilizado provocan la hidrólisis de la amilopectina por lo que el almidón pierde la capacidad de absorber el agua y este proceso es más acentuado conforme aumenta la temperatura, estos resultados apoyan la evidencia de que el hinchamiento del almidón es controlado tanto por la amilosa como por la amilopectina tal como fue propuesto por Tester y Morrison (1990), donde mencionan que la amilopectina contribuye al hinchamiento y empastado de los gránulos de almidón mientras que la amilosa y los lípidos inhiben el hinchamiento, estos resultados también concuerdan con la hipótesis propuesta por Jenkins y Donald (1995) donde mencionan que la amilosa interrumpe el empaquetamiento de la lamela cristalina por cocrystalización con la amilopectina, finalmente la oxidación forma una estructura de esponja o porosa capaz de absorber agua durante el calentamiento pero que podría no retener el agua absorbida bajo centrifugación. El AN a temperatura de 80 y 90 °C tiene la capacidad de retener cantidad de agua. Por otro lado a 70 °C el AO 0.75% presenta los valores mayores de PH. El aumento en los valores de ISA y PH con el aumento de la temperatura se debe a que gránulos de los almidones son insolubles en agua fría. Sin embargo, la abundancia de grupos hidroxilos en su molécula motiva la tendencia de este polisacárido de absorber agua cuando se expone en este líquido y cuando una suspensión acuosa de almidón se calienta, los puentes de hidrógeno intermoleculares de las zonas amorfas se rompen y los gránulos se hinchan por una absorción progresiva e irreversible de agua durante el proceso de gelatinización (Kuakpetoon y Wang, 2001).

Trabajo a futuro

Es necesario realizar una caracterización térmica, morfológica y estructural para tener una mayor información acerca del efecto del nivel de oxidación en el almidón de malanga y poder sugerir posibles aplicaciones dentro de la industria alimentaria

Conclusiones

El almidón de malanga fue modificado por oxidación utilizando diferentes concentraciones de cloro activo (0.25, 0.75, 1.25, 2.0 y 3.0%), la modificación fue determinada mediante la cuantificación de grupos carbonilos y carboxilos los cuales fueron aumentando conforme se incrementó la concentración de cloro activo utilizado. La modificación fue confirmada mediante los termogramas obtenidos por espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) en donde se observa una señal a 1640 cm^{-1} , la cual corresponde a las vibraciones de los enlaces de los grupos carbonilos y carboxilos (C=O y COOH), indicando con esto que la modificación química fue realizada. La modificación afectó la composición química del almidón, observándose un aumento en el contenido de humedad y cenizas debido a los grupos carboxilos introducidos. Mientras que el contenido de proteínas presentó variabilidad en sus valores. Con respecto en el contenido de lípidos se observó un aumento con forme incrementó la concentración de cloro activo, este comportamiento no corresponde con lo reportado por otros autores donde mencionan que con la oxidación el contenido de ácidos grasos libres disminuye. El índice de solubilidad y el poder de hinchamiento del almidón nativo y oxidados se incrementó conforme se aumentó la temperatura, mientras que el poder de hinchamiento es dependiente de la concentración de cloro activo usado.

Referencias

1. Adebawale, K-O.; Afolabi, T-A.; and Lawal O-S. (2002). Isolation, chemical, modification and physicochemical characterization of Bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*) starch and flour. *Food Chem.* **(78)** 305-311.
2. Antonio-Estrada, C.; Bello-Pérez L-A.; Martínez-Sánchez, C-E.; Montañez-Soto, J-L.; Jiménez-Hernández, J. y Vivar-Vera, M-A. (2009). Producción enzimática de maltodextrinas a partir de almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). *J. Food Sci.* **(7)** 233-241.
3. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (1997). Official methods of analysis. 11ed. Horwitz. Washington, DC. U.S.A.
4. Barragan-Zarate, G-S. 2013. Obtención y caracterización de almidón resistente a partir de almidón de malanga (*colocasia esculenta* schott) modificado con ácido cítrico. Tesis de maestría. Tuxtepec, Oaxaca.
5. Boruch, M. (1985). The transformation of potato starch during oxidation with hypochlorite. *Starch/Stärke*, **(37)** 91–98.
6. Chattopadhyay, S.; Singhal, R-S. and Kulkarni, P-R. (1997). Optimization of conditions of synthesis of oxidized starch from corn and amaranth for use in fill-forming applications. *Carbohydr. Polym.* **(34)** 203-212.
7. Cousidine, D- M. (1982). Foods and food production encyclopedia. NY: John Wiley Inc. p. 142.
8. Fang, J-M.; Fowler, P- A.; Tomkinson, J. and Hill C. A- S. (2002). The preparation and characterization of a series of chemically modified potato starches. *Carbohydr. Polym.* **(47)** 245–252.
9. Flores-Gorosquera, E.; García-Suárez, F-J.; Flores-Huicochea, E. y Núñez-Santiago, M-C. (2004). Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*): Estudio en planta piloto. *Acta Científica Venezolana*, **(55)** 86–90.
10. Goheen, S-M., and Wool, R-P. (1991). Degradation of polyethylene–starch blends in soil. *J. Appl. Polym. Sci.* **(42)** 2691–2701.
11. Jenkins, P- J. and Donald, A-M. (1995). The influence of amylose on starch granule structure. *Int. J. Biol. Macromol.* **(17)** 315–321.
12. Kuakpetoon, D. and Wang, Y. (2001). Characterization of different starches oxidized by hypochlorite. *Starch/Stärke*, **(53)** 211-218.
13. Lawal, O-S.; Adebawale, K-O.; Ogunsanwo, B-M.; Barba, L-L., and Llo, N-S. (2005). Oxidized and acid thinned starch derivatives of hybrid maize: functional characteristics, wide- angle X-ray diffractometry and thermal properties. *Int. J. Biol. Macromol.* **(35)** 71-79.
14. Mano, J-E.; Koniarova, D. and Reis, R-L. (2003). Thermal properties of thermoplastic starch/synthetic polymer blends with potential biomedical applicability. *J. Mater. Sci. - Mater.* **(14)** 127–135.

15. Meló, E-M.; Stamford, T-L. M., Silva, M. P-C., Krieger, N. and Stamford, N-P. (2003). Functional properties of yam bean (*Pachyrhizus erosus*) starch. *Bioresour. Technol.* **(89)** 103-106.
16. Morrison, I-M.; Cochrane, M-P., Cooper, A-M.; Dale, M.F-B.; Duffus, C-M., Ellis, R-P. (2000). Potato starches: variation in composition and properties between three genotypes grown at two different sites and in two different years. *J. Sci. Food Agric.* **(81)** 319-328.
17. Olsen, E-D. (1990). Métodos Ópticos de Análisis. 3ª ed. Editorial Reverte. México, pp: 176–177.
18. Park, J-W.; Im, S-S., Kim, S-H. and Kim, Y-H. (2000). Biodegradable polymer blends of poly(l-lactic acid) and gelatinized starch. *Polym. Eng. Sci.* **(40)** 2539–2550.
19. Parovuori, P., Hamunen, A., Forssell, P., Autio K. and Poutanen, K. (1995). Oxidation of potato starch by hydrogen peroxide. *Starch/stärke*, **(47)** 19-23.
20. Reddy, I. and Seib, P-A., (2000). Modified waxy wheat starch compared to modified waxy corn starch. *J. Cereal Sci.* **(31)** 25-39.
21. Sánchez-Hernández, L.; Solorza-Feria, J.; Méndez-Montealvo, G.; Paredes-López, O. and Bello-Pérez, L-A. (2002). Isolation and partial characterization of *Okenia* (*Okenia hypogaea*) starch. *Starch/Stärke*, **54**: 193-197.
22. Sánchez-Rivera, M-M.; García-Suarez, F. J-L.; Velázquez del Valle, M.; Gutierrez-Meraz, F. and Bello-Pérez, L-A. 2005. Partial characterization of banana starch oxidized by different levels of sodium hypochlorite. *Carbohydr. Polym.* **(62)** 50-56.
23. Sathe. S-K. and Salunkhe. D-K (1981). Isolation, Partial Characterization and Modification Of The Greath Northe Bean (*Phaseolus Vulgaris*) Starch. *J. Food Sci.* **(46)** 617-621.
24. Sefa, S-D. and Kofi, A-E. (2002). Starch structure and some properties of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta*) starch and raphides. *Food Chem.* **(79)** 435-444.
25. Schoch. J-T. (1964). "Snellingpower and Solubility of Starch Gravies". In: Methods In Carbohydrates Chemistry. Vol. IV. Eds. R. L. Whistler. R. J. Smith and M. L. Wolfrom. Academic Press. USA, Pp. 106 – 108.
26. Smith, R-J. (1967). Production and use of hypochlorite oxidized starches. In starch chemistry and technology, R. L. Whistler, & E.F. Paschall (Eds.). New York: Academic Press, Vol II; pp. 620.625.
27. Tester, F-R. and Morrison R-W. (1990). Swelling and effects of amylopectin, amylose, and lipids. *Cereal Chem.* **(2)**.
28. Thitipraphunkul K.; Uttapap D.; Piyachomkwan K.; and Takeda Y. (2003). A comparative study of edible canna (*Canna edulis*) starch from different cultivars. Part I. Chemical composition and physicochemical properties. *Carbohydr. Polym.* **(53)** 317-324.
29. Thomas, D-J. and Atwell, W. (1999). Starch Modifications. In: *Starches Eagen Press Handbook*. USA; pp. 31-48.
30. Wang, Y. and Wang, L. (2003). Physicochemical properties of common and waxy corn starches oxidized by different levels of sodium hypochlorite. *Carbohydr. Polym.* **(52)** 207-217.
31. Wilson, R-H.; Goodfellow, B-J.; Belton, P-S.; Osborne, B-G.; Oliver, G. and Russell, P-L. (1991). Comparison of Fourier transform mid infrared-spectroscopy and near-infrared reflectance spectroscopy with differential scanning calorimetry for the study of the staling of bread. *J. Sci. Food Agric.* **(54)** 471-483.
32. Wischmann, B.; Blennow, A.; Madsen, F.; Jørgensen, K.; Poulsen, P. and Bandsholm, O. (2005). Functional characterization of potato starch modified by specific in planta alteration of the amylopectin branching and phosphate substitution. *Food Hydrocolloids*, **(19)** 997-1001.
33. Zamudio-Flores, P-B. (2005). Elaboración de películas degradables de almidón de plátano: evaluación de sus propiedades mecánicas de barrera. Tesis de maestría. Instituto politécnico nacional. Centro de desarrollo de productos bióticos. Morelos, México.

PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA HARINA DE SEMILLA DE CALABAZA DESENGRASADA MEDIANTE EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO

B. Hernández-Santos, J. Rodríguez-Miranda, J. M. Pineda-Pineda, E. Herman-Lara, C. E. Martínez-Sánchez*

Departamento de Ingeniería y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Tuxtepec. Calzada Dr. Víctor Bravo Ahuja. S/n. Tuxtepec, Oaxaca, C.P. 68350. México.

*organica_tux@yahoo.com.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar algunas propiedades funcionales de la harina de semillas de calabaza (*Cucurbita pepo*) desengrasada por extracción asistida por ultrasonido. El desengrasado se realizó por extracción asistida por ultrasonido, variando la amplitud (25 a 100%) y el tiempo (0 a 30 min) de sonicado. Se determinó la capacidad de absorción de agua (CAA) e índice de solubilidad en agua (CSA) y la capacidad de absorción de aceite (CAAc). Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos y la harina sin desengrasar en CAA, CSA y CAAc. El mayor valor de CAA fue con T13 (17.50 min y 62% amplitud), mientras que la menor CAAc fue en T2 (8.66 min y 35.98% amplitud), en CSA el tiempo y la amplitud no afectó este parámetro ya que los valores obtenidos fueron muy similares (10 y 11%).

Palabras clave: *Propiedades funcionales, Cucurbita pepo, extracción asistida por ultrasonido, harina desengrasada.*

Abstract

The aim of this research was to evaluate some functional properties of flour pumpkin seeds (*Cucurbita pepo*) degreased by ultrasound-assisted extraction. Degreasing was conducted by ultrasound-assisted extraction, varying the amplitude (25 to 100%) and the sonicating time (0 to 30 min). The water absorption capacity (CAA), water solubility index (CSA) and the oil absorption capacity (CAAC) were determined. Significant differences between treatments and flour without degreasing in CAA, CAAC CSA were found. The greatest value of CAA was in T13 (17.50 min y 62% amplitude), while the lowest value of CAAC was in T2 (8.66 min and 35.98% amplitude). In the case of CSA, time and amplitude did not affect this parameter and the values obtained were very similar (10 and 11%).

Introducción

Durante los últimos años el interés en la recuperación de residuos en las plantas de procesamiento de alimentos ha aumentado drásticamente [Laufenberg y col., 2003]. Estas industrias producen un gran volumen de desechos tanto sólidos como líquidos, que representan una contaminación potencial. Sin embargo, son también fuentes de subproductos que pueden ser utilizados. En la industria aceitera se generan grandes cantidades de desechos, que siguen siendo la mayor parte de la materia prima, haciéndolos interesantes ya que pueden contener compuestos de interés comercial. Debido a sus propiedades nutritivas principalmente por su proteína, en los últimos años ha habido un gran desarrollo científico y tecnológico, para el aprovechamiento integral de los desechos de esta industria. Limitándose la mayoría de la investigación realizada a la leguminosa más conocida, la soya. Sin embargo, esta leguminosa es inaccesible entre los habitantes de las zonas rurales [Alobo, 1999; Eneche, 2005]. Es por ello la necesidad de potenciar el uso de proteínas de bajo costo y ampliar

el uso de los alimentos locales disponibles con valor nutricional, con el fin de fomentar un mayor cultivo y un incremento en su consumo [Ene-Obong y Carnovance, 1992; Alobu, 1999].

La calabaza (*Cucurbita pepo*) ha recibido considerable atención en los últimos años debido a su alto contenido de lípidos (compuesto principalmente por ácido palmítico (4 a 14%), esteárico (5% a 6%), oleico (21 a 47%) y linoléico (35 a 59%)) y proteínas (de un 30-40%), así como por sus características farmacológicas, tales como anti-diabética [Quanhong y col., 2003], antifúngica [Wang y Ng, 2003], antibacteriana, antiinflamatoria [Caili y col., 2006] y sus efectos antioxidantes [Nkosi y col., 2006]; así como su bajo costo siendo un cultivo ampliamente distribuido por el mundo [Atuonwu y Akobundu, 2010].

El contenido de proteínas no solo es importante por el valor nutricional que le imparte al alimento, sino también porque actúa como sustituyente, ya que las proteínas le confieren propiedades funcionales que van a determinar el uso de la materia prima en una formulación [Sgarbieri, 1998]. La funcionalidad está asociada al tipo de procesamiento y almacenamiento previo al que se someta la materia prima [Ogundele y Aladesanmi, 2010], así como a las propiedades fisicoquímicas y estructurales de los materiales [Gómez-Aldapa y col., 2009]. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del proceso de desengrasado de la harina de semilla de calabaza sobre algunas propiedades funcionales de la harina desengrasada, con la finalidad de obtener información sobre su posible uso como ingrediente funcional en la industria alimentaria.

Metodología

Materiales

Las semillas de calabaza fueron adquiridas en el Mercado local de San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, México. Las semillas sin cáscara se limpiaron y posteriormente se secaron a 60 ± 2 °C durante 24 h. Se molieron en una licuadora (Oster mod. 465) hasta obtener un tamaño de partícula para tamizar con malla 30 (0.59 mm, U.S.A., standard test sieve Astm E-11 Specification W.S. Tyler, USA), posteriormente se colocaron en bolsas de polietileno selladas a 4 °C hasta su uso posterior.

Obtención de la Harina desengrasada

El aceite se obtuvo por extracción asistida por ultrasonido de acuerdo a un diseño experimental central compuesto (Tabla 1) con dos variables: Amplitud (25 – 100%) y tiempo (5 – 30 min) de sonicado.

A 20 g de muestra se les adicionó n-hexano en una relación 1:20 p/v. La sonicación de la mezcla se realizó de acuerdo a las condiciones establecidas por el diseño. Posteriormente se filtró y las harinas desengrasadas se secaron a temperatura ambiente (25 °C) durante 2 h y luego en una estufa (Binder, mod. ED 115, Germany) a 50 °C por 2 h, y se tamizó a través de una malla no. 30 (0,59 mm de abertura). Las harinas obtenidas se colocaron en bolsas de polietileno selladas y almacenadas a 4 ± 0.5 °C hasta su uso.

Propiedades Funcionales.

Capacidad de absorción de agua (CAA) e índice de solubilidad en agua (ISA)

A 1 g de muestra se le añadieron 20 mL de agua destilada en tubos para centrifuga y se agitaron en vortex (Vortex-2 Genie, Model G-560, Scientific Industries, INC, Bohemia, N.Y. USA) durante 30 s y se centrifugaron a $1006 \times g$ durante 15 min (Universal Compact Centrifuge HERMLE Labortechnik GmbH Mod Z 200A, Germany). Los resultados se expresaron como gramos de agua retenida por gramo de muestra para CAA y ISA en porcentaje [Anderson y col., 1969].

Capacidad de absorción de aceite (CAc)

A 1 g de muestra se le añadieron 10 mL de aceite de maíz, en tubos para centrifuga y se agitaron en vortex (Vortex-2 Genie, Model G-560, Scientific Industries, INC, Bohemia, N.Y. USA) durante 30 s y se centrifugaron a $1006 \times g$ por 15 min (Universal Compact Centrifuge HERMLE Labortechnik GmbH Mod Z 200A, Germany). Los

resultados se expresaron como gramos de aceite retenido por gramo de muestra [Rodríguez-Miranda y col., 2012].

Tabla 1. Diseño de experimentos para la extracción de aceite de semilla de calabaza (*Cucurbita pepo*) asistida con ultrasonido.

Muestra	Tiempo (min)	Amplitud (%)
T1	8.66	89.02
T2	8.66	35.98
T3	17.50	100.00
T4	5.00	62.50
T5	30.00	62.50
T6	17.50	25.00
T7	26.34	35.98
T8	26.34	89.02
T9	17.50	62.50
T10	17.50	62.50
T11	17.50	62.50
T12	17.50	62.50
T13	17.50	62.50
C	0.00	0.00

T = Tratamiento, C= Harina de semilla de calabaza sin desengrasar

Análisis estadístico

Los resultados se analizaron mediante un Análisis de Varianza de una vía y se determinaron las diferencias entre las medias mediante una prueba de diferencia mínima significativa, con un nivel de confianza del 95%, utilizando el programa estadístico Statistica Version 8.0 (StatSoft, Inc. 1984-2008, USA).

Resultados y discusión

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la capacidad de absorción de agua (CAA) (Figura 1) entre los tratamientos con ultrasonido y la muestra C. La capacidad máxima de absorción de agua se encontró en T13 (2.29 g H₂O/g muestra) mientras que C obtuvo 1.40 g H₂O/g muestra en promedio. La capacidad para adsorber agua está relacionada con la presencia de proteínas en los alimentos [Thompson y col., 1982] y otros factores como el tamaño de partícula y el contenido de almidón [Flores-Farías y col., 2000] y la presencia de fibra [Nelson, 2001]. En este caso el desengrasado asistido por ultrasonido pudo afectar la estructura de las proteínas de tal manera que se mejora su capacidad para absorber agua, ya que se ha reportado que cuando se incrementa la amplitud de la onda ultrasónica que viaja a través del medio líquido, más violentamente colapsan las burbujas lo que mejora la disrupción de los tejidos celulares [Da Porto y col., 2013].

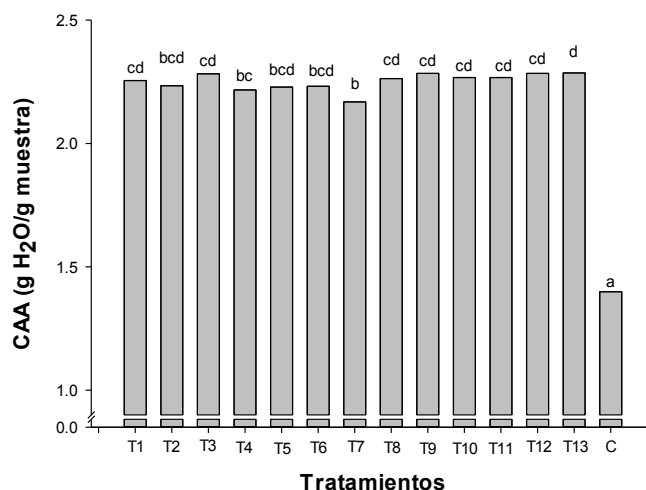


Figura 1. Capacidad de absorción de agua (CAA) de las harinas desengrasadas de acuerdo al diseño de experimentos (T1-T13) y de la harina sin desengrasar (C) de la semilla de calabaza (*Cucurbita pepo*). Los resultados son promedios \pm desviación estándar ($n=3$). Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

En general las harinas desengrasadas presentaron valores similares de solubilidad en agua (10 y 11%), mientras que el tratamiento C presentó los valores mas bajos (7%) como se muestra en la Figura 2. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$), entre las muestras T1 – T13 y C. Estos resultados indican que las muestras desengrasadas presentaron mayor cantidad de sólidos disueltos por el agua, esto es debido a la degradación de los componentes presentes en la muestra [Van den Eijnde y col., 2003]. En este caso las proteínas presentes en las harinas pudieron haber sufrido cambios estructurales lo cual favorece su solubilidad como se observa en la Figura 2, mientras que la harina sin desengrasar no sufrió ningún tratamiento por lo que al contener un alto contenido de lípidos la hace menos soluble. Este incremento de la solubilidad podría atribuirse a los cambios en los perfiles de péptidos provocados por el ultrasonido, lo que podría haber contribuido a los cambios en el número de residuos hidrofóbicos, carga, repulsión hidrostática, hidratación iónica que son parámetros que afectan a la solubilidad de proteínas [Moure y col., 2006].

En la Figura 3, se muestra la capacidad de absorción de aceite, en la cual se observa que todas las muestras presentan diferencias significativas ($p < 0.05$), el valor más alto se encontró en T2 (3.51 g de aceite/g muestra) y el valor menor en la muestra C (2.13 g de aceite/g muestra). Como se ha mencionado el fenómeno de cavitación producido por el ultrasonido pudo haber afectado la configuración de las proteínas, en este sentido las cadenas no polares expuestas de las proteínas podrían unirse mas fácilmente a las cadenas hidrocarbonadas del aceite [Adebowale y Lawal, 2004] esto explicaría la diferencia en la capacidad de absorción de aceite entre las harinas. Belén y col. [2004], reportaron valores menores (1.09 g de aceite/g de harina) que los encontrados en este estudio para harina de coroba (*Jessenia polycarpa Karst*) desengrasada.

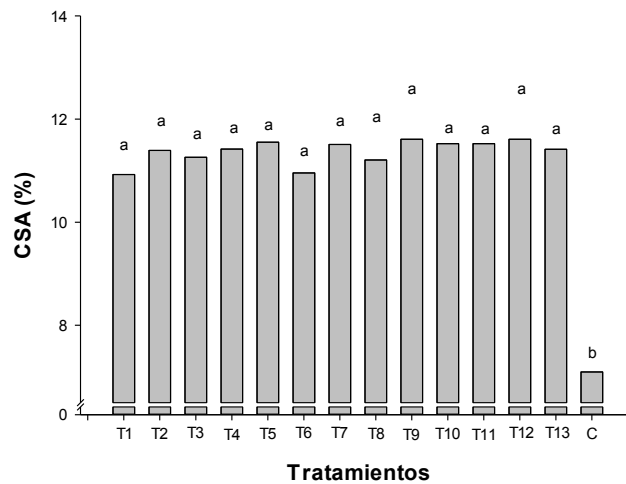


Figura 2. Índice de solubilidad en agua (CSA) de las harinas desengrasadas de acuerdo al diseño de experimentos (T1-T13) y de la harina sin desengrasar (C) de la semilla de calabaza (*Cucurbita pepo*). Los resultados son promedios \pm desviación estándar (n=3). Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

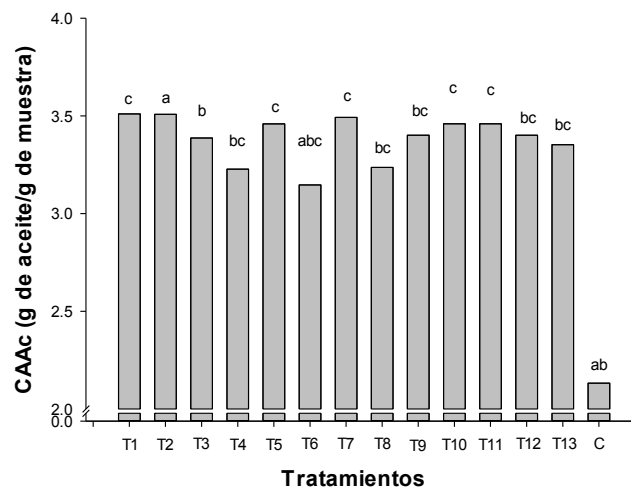


Figura 3. Capacidad de absorción de aceite (CAAc) de las harinas desengrasadas de acuerdo al diseño de experimentos (T1-T13) y de la harina sin desengrasar (C) de la semilla de calabaza (*Cucurbita pepo*). Los resultados son promedios \pm desviación estándar (n=3). Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Trabajo a futuro

Falta realizar otras propiedades funcionales como: capacidad emulsificante, capacidad y estabilidad de espuma y capacidad de gelificación, asimismo, falta realizar la composición química proximal de las harinas desengrasadas y las propiedades reológicas para complementar la caracterización.

Conclusiones

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos y la harina sin desengrasar en CAA, CSA y CAAC. Se encontró que a tiempos de 17.5 y 62% de amplitud de ultrasonido se obtuvieron los valores más altos de CAA (T13), mientras que a amplitudes de 25% la CAAC disminuyó. En CSA el tiempo y la amplitud no afectaron este parámetro ya que los valores obtenidos son muy similares (10 y 11%). El uso de ultrasonido en la extracción de aceite favoreció la obtención de harinas con posible alto contenido de proteínas lo cual les confirió algunas propiedades funcionales importantes que serían de utilidad en la industria alimentaria, tales como valores elevados de absorción de agua, así como valores bajos de absorción de aceite con posible uso potencial en la elaboración de alimentos fritos. Por lo tanto estas harinas desengrasadas se proponen para ser aplicadas en formulaciones de harinas compuestas o como ingrediente principal en la formulación de productos de panadería y pastelería.

Referencias

1. Adebowale, K. O. and Lawal, O. S. (2004). Comparative study of the functional properties of bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*), Jack bean (*Canavalia ensiformis*) and mucuna nean (*Mucuna pruriens*) flours. *Food Research International*. **(37)** 355-365.
2. Anderson, R.A.; Conway, H.F.; Pfeifer, V.F. and Griffin, E.L. (1969). Gelatinization of corn grits dry roll and extrudates-cooking. *Cereal Science Today*. **(14)** 4-12.
3. Aloba, A.P. (1999). Production and organoleptic assessment of akara from bambara groundnut (*Voandzeia subterranean* L. *Thouars*). *Plant Foods for Human Nutrition*. **(5)** 313-320.
4. Atuonwu, A.C. and Akobundu, E.N.T. (2010). Nutritional and Sensory Quality of Cookies Supplemented with Defatted Pumpkin (*Cucurbita pepo*) Seed Flour. *Pakistan Journal of Nutrition*, **(9)** 672-677.
5. Belén, D. R.; Alemán, R.; Álvarez, F. J. and Moreno Álvarez, M. J. (2004). Evaluación de algunas propiedades funcionales y reológicas de harinas de coroba (*Jessenia polycarpa* Karst). *Rev. Fac. Agron.* **(21)** 161-170.
6. Caili, F.U.; Huan, S.H. and Quanhong, L.I. (2006). A Review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. *Plant Foods for Human Nutrition*. **(61)** 70-77.
7. Da Porto C.; Porretto E. and Decorti D. (2013) Comparison of ultra- sound-assisted extraction with conventional extraction methods of oil and polyphenols from grape (*Vitis vinifera* L.) seeds. *Ultrason Sonochem.* **(20)** 1076-1080.
8. Eneche, H.E. (2005). Enrichment of starchy flours with African yam bean protein concentrate. *Nigerian Journal of Scientific and Technical Research* **(2)** 30-37.
9. Ene-Obong, H.N., and Carnovance, E.A. (1992). Comparison of the proximate and mineral composition of lesser-known legumes in Nigeria. *J. Food Chem*, **(43)** 169-175.
10. Flores-Farias, R.; Martínez-Bustos, F.; Salinas-Moreno, Y.; Kil-Chang. Y.; González-Hernández, J. and Rios, E. (2000). Physicochemical and rheological characteristics of commercial nixtamalized Mexican maize flours for tortillas. *J. Sci. Food Agric*, **(80)** 657-664.
11. Gómez-Aldapa, C.A.; Hernández-Hernández, E.; Avila-Orta, C. A.; Hsiao, B. S.; Castro-Rosas J.; Gordillo-Martínez, A. J. and González-Ramírez, C. A. (2009). Influence of L- α -lisophosphatidylcholine on thermal and structural properties of corn starch. *CyTA-Journal of Food*. **(7)**(1) 37-43.
12. Laufenberg, G.; Kunz, B. and Nystoem, M. (2003). Transformation of vegetable waste into value added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations. *Bioresource Technology*. **(87)** 167-198.

13. Moure A.; Sineiro Dominguez J. and Parao C. P. (2006). Functionality of oilseed protein products: A review. *Food Res. Int.* (39) 945-963.
14. Nelson, A.L. (2001). Properties of high fiber ingredients. *Cereal Foods World.* (48) 93-97.
15. Nkosi, C. Z.; Opoku, A. R. and Terblanche, S.E. (2006). Antioxidant effects of pumpkin seeds (*Cucurbita pepo*) protein isolate in CCl₄-induced liver injury in 4 low-protein fed rats. *Phytotherapy Res.* (20) 935- 940.
16. Ogundele, J. O. and Aladesanmi, A. O. (2010). Proximate composition and some functional properties of three varieties of lagenaria siceraria melon seeds. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences.* (6) 108-112.
17. Quanhong, L., Ze, T. and Tongyi, C. (2003). Study on the hypoglycemic action of pumpkin extract in diabetic rats. *Acta Nutrimenta Sinica.* (25) 34-36.
18. Rodríguez-Miranda, J; Hernández-Santos, B; Herman-Lara, E; Vivar-Vera, M. A; Carmona-García, R; Gómez-Aldapa, C. A. and Martínez-Sánchez, C. E. (2012). *Physicochemical and functional properties of whole and defatted meals from Mexican (Cucurbita pepo) pumpkin seeds*, International Journal of Food Science and Technology. (47) 2297-2303.
19. Sgarbieri, V. (1998). Propiedades funcionais de proteínas em alimentos. *Bol. SBCTA.* (32) 105-126.
20. Thompson, L. U.; Liu R. F. K. and Jones, J. D. (1982). Functional properties and food applications of rapeseed protein concentrate. *J. Food Sci.* (7) 1175-1180.
21. Wang, H. X. and Ng, T. B. (2003). Isolation of cucurmoschin: A novel antifungal peptide abundant in arginine, glutamate and glycine residues from black pumpkin seeds. *Peptides.* (24) 969-972.
22. Van den Einde, R. M.; Van der Goot, A. J. and Boom, R. M. (2003). Understanding molecular weight reduction of starch during heating-shearing process. *Journal of Food Science* (68) 396-2904.

Efecto de las variables del proceso de secado por lecho fluidizado sobre el queso fresco

A.N. Buendía González^{1*}, A. Domínguez Niño¹, G.R. Urrea García¹, G. Luna Solano¹

¹Departamento de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9 Núm.852 Col. Emiliano Zapata, C.P.94320, Orizaba, Ver., México

*alex_91_131@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

El queso es un alimento de amplio consumo a nivel mundial, cuyas características nutritivas, funcionales, texturales y sensoriales difieren de cada tipo, es el subproducto de la leche con mayor aceptación por la población y se considera un alimento inestable por su alto contenido de humedad. El secado por lecho fluidizado permite un mezclado homogéneo que incrementa el contacto del material con el aire de secado por medio de la fluidización. En el presente trabajo se evaluó el contenido de grasa, proteínas, así como el contenido de NaCl antes y después del proceso de secado. Se estudiaron tres factores: temperatura del aire de secado (50, 60 y 70 °C), tiempo de secado (60, 90 y 120 min) y el tamaño de partícula (0.6, 2 y 3.5 cm). Los mejores resultados obtenidos para las variables de respuesta de interés fueron: mayor contenido proteico de 39.45 %, mayor contenido de NaCl de 3.55 % y el mayor contenido de grasa de 46.84 %.

Palabras clave: Queso fresco, secado, proteínas, grasas.

Abstract

Cheese is a food widely consumed around the world, whose nutritional, functional, textural and sensory characteristics differ from each kind, is the byproduct of milk with greater acceptance by the population and it is considered an unstable food for its high moisture content. The fluid bed drying which allows homogeneous mixing of the material increases contact with the drying air through fluidization. In this work was evaluated the fat content, protein content and NaCl content, before and after the drying process. Three factors were studied: drying air temperature (50, 60 and 70 °C), drying time (60, 90 and 120 min) and particle size (0.6, 2 and 3.5 cm). The best results obtained for the response variables of interest were higher protein content of 39.45 %, higher NaCl content of 3.55 % and higher fat content of 46.84 %.

Introducción

A partir de la leche se elaboran diversos productos ampliamente aceptados por la mayoría de la población, dentro de los cuales destaca el queso, que desde el punto de vista nutricional es considerado como un alimento altamente nutritivo, debido a su variado contenido de materias nitrogenadas, materias grasas, calcio, fósforo y vitaminas (Ramírez y Vélez, 2012).

Actualmente el país que se ubica como el mayor productor de queso es Estados Unidos, asumiendo alrededor del 30% de la producción mundial, seguido por Alemania y Francia, mientras que México ocupa la novena posición (Rodríguez y Durán, 2012).

La mayoría de los quesos que se producen en México son frescos, entre los que destacan el queso Oaxaca y el queso fresco, mismos que forman parte de una enorme variedad de platillos del legado gastronómico mexicano. El queso fresco es un producto con alto contenido de humedad debido al suero que retiene durante la coagulación de la caseína en el proceso de elaboración. Esta humedad desempeña un papel fundamental en la vida de anaquel y rendimiento, por lo que requiere condiciones de refrigeración (Ochoa-Flores *et al.*, 2013). El secado o reducción de la disponibilidad de agua en materiales biológicos, es una de las maneras de lograr la conservación dichos materiales, este principio se ha utilizado desde la antigüedad para extender la vida útil de

los productos alimenticios (Mulet *et al.*, 2003), dado que los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y multiplicarse en ausencia de agua.

Los microorganismos dejan de ser activos cuando el contenido de agua se reduce por debajo del 10% en peso. Sin embargo, para preservar el sabor y valor nutritivo del producto, el contenido de humedad deberá ser menor al 5% en peso (Lozano-Acevedo, 2011).

Por lo anterior se propuso realizar en el presente trabajo el proceso de secado por lecho fluidizado para el queso fresco ya que la tecnología de lecho fluidizado en el proceso de secado de cualquier grano o material en general, permite un proceso más rápido y seguro que proporciona un buen control de temperatura con mezclado homogéneo adecuado, incrementando el contacto entre el material y el aire de secado debido a la fluidización.

Metodología

Selección y acondicionamiento de la materia prima

El queso fresco fue proporcionado por los productores de queso de la región de Paso Carretas Tlaxicoyan del estado de Veracruz. Se realizaron análisis fisicoquímicos con la finalidad de caracterizar las muestras. Las muestras de queso fresco fueron cortadas con una longitud de 0.6, 2 y 3.5 cm preparando cargas de 100 g para el proceso de secado.

Proceso de secado por lecho fluidizado

Se utilizó un secador por lecho fluidizado Restch TG-200, en el que las muestras de queso fresco, fueron deshidratadas por medio de aire caliente a temperaturas de 50, 60 y 70 °C con una velocidad de aire de secado que está dada en función de dicha temperatura durante periodos de tiempo de 60, 90 y 120 min.

Análisis fisicoquímicos

Con la finalidad de caracterizar el queso antes y después del proceso de secado, se realizaron análisis fisicoquímicos que comprendieron la determinación de humedad (X) mediante el uso de una termobalanza Ohaus modelo MB35, actividad de agua (a_w), mediante el quipo Aqualab serie 3, la determinación de color se realizó empleando un colorímetro miniScan XE plus para sólidos y el programa Universal Software 4.10. El contenido de grasa se determinó por el método Soxhelt de acuerdo a la norma NMX-F-089-S-1978, las proteínas se determinaron por el método Kjeldahl utilizando un digestor de proteínas marca NOVATECH.

Diseño de experimentos

Para llevar a cabo el presente trabajo, se utilizó un diseño de experimentos compuesto central centrado en sus caras representado como $2^3+2(3)+1$. Para cada factor se utilizaron 2 niveles con 6 puntos centrales en sus caras y un punto central (Montgomery, 1991). En la Tabla 1 se muestran los factores y niveles que se consideraron para el proceso de secado por lecho fluidizado del queso fresco.

Tabla 1 Factores y niveles para el proceso de secado por lecho fluidizado

Factor	Nivel alto	Nivel medio	Nivel bajo
Temperatura del aire de entrada (°C)	70	60	50
Longitud de partículas (cm)	3.5	2	0.6
Tiempo de secado (min)	120	90	60

Resultados y discusión

Los valores obtenidos para las variables de respuesta del proceso de secado por lecho fluidizado de queso fresco, (X , a_w , % de proteínas, % de NaCl y % de grasas) se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 Variables de respuesta en el proceso de secado por lecho fluidizado

CORRIDA	X (%)	a_w	ΔE	PROTEÍNAS (%)	NaCl (%)	GRASAS (%)
1	0.841	0.3464	13.99	29.1169	1.5022	38.0715
2	1.005	0.4830	14.66	33.0121	3.3945	43.8317
3	0.430	0.2530	15.63	33.9369	3.2066	43.2744
4	0.525	0.3045	14.83	36.6118	2.3441	46.2459
5	0.660	0.2990	12.67	38.2789	3.4318	38.1681
6	0.545	0.3990	14.55	36.6692	3.2031	39.6718
7	0.785	0.1480	13.15	38.1490	2.1959	46.8443
8	0.315	0.2405	13.19	38.5634	3.4565	45.4981
9	1.240	0.2335	18.39	37.9904	3.1764	42.5300
10	0.820	0.3415	15.06	32.8653	1.8683	43.2061
11	0.925	0.2435	15.68	39.4583	2.8041	42.5162
12	1.225	0.2290	12.84	38.8719	3.2301	41.1426
13	1.295	0.4265	13.16	34.5500	2.4346	41.2700
14	0.855	0.2710	15.82	30.8404	3.3945	44.8394
15	1.575	0.3290	14.12	36.9111	3.5562	39.3201

Al realizar el correspondiente análisis estadístico (ANOVA) para el presente trabajo, se encontró con que los factores en estudio tienen influencia significativa en cuanto al porcentaje proteico, así como en contenido de NaCl y el contenido de grasa en el producto deshidratado. Los valores de humedad y actividad de agua corresponden a un producto estable durante el almacenamiento, ya que a estos valores no se presenta crecimiento microbiológico. Con ayuda del modelo de segundo orden obtenido en NCSS 2007, se generaron los gráficos de superficie de respuesta utilizando el software Matlab R2014a.

Contenido de Proteínas

De acuerdo al análisis estadístico de la interacción tamaño-tiempo, la temperatura tiene influencia significativa sobre las proteínas. En la Figura 1 se observa una tendencia creciente del contenido de proteínas a medida que aumenta la temperatura de secado de 50 a 70 °C. El incremento de la concentración de proteínas está relacionado con la humedad final del producto deshidratado, debido a que a altas temperaturas aumenta la fuerza motriz para la transferencia de masa y calor generando una mayor remoción de agua en el producto Toro-Sierra *et al.* (2013). De igual manera hay una relación entre el contenido de sólidos totales y el contenido de humedad debido a que los sólidos en el alimento incrementan, mientras el contenido de agua residual disminuye por el aumento de la temperatura.

Durante el proceso de deshidratación el contenido de proteínas aumenta de 15.59% a 39.45 % por lo que las condiciones con las que se obtiene el mayor porcentaje proteico son: temperatura del aire de secado de 70 °C con un tiempo de 120 minutos y tamaño de partícula de 3.5 cm.

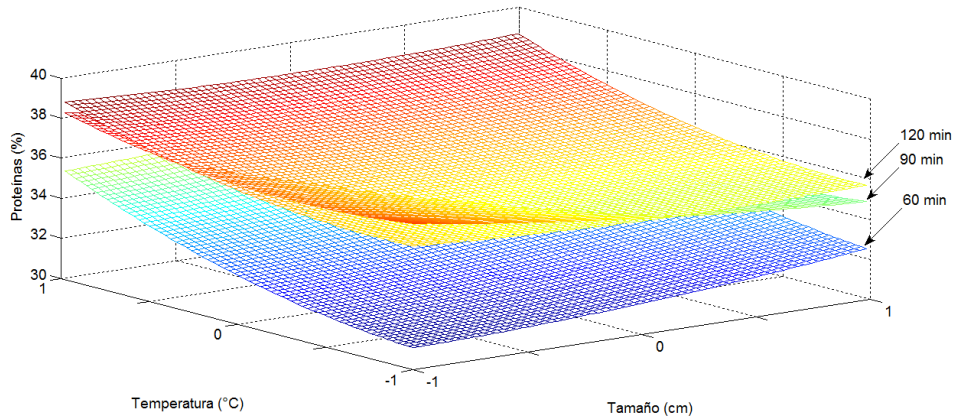


Figura 1. Superficie de respuesta del contenido de proteínas en función del tamaño de partícula, la temperatura del aire de entrada y el tiempo de secado.

Contenido de NaCl

Dentro del análisis estadístico se demostró que ninguna de las variables independientes influyen de manera significativa sobre el porcentaje de NaCl, sin embargo al obtener la superficie de respuesta (Figura 2) se puede apreciar con claridad que tanto el tiempo como la temperatura de secado juegan un papel importante en el contenido de NaCl del producto, ya que a menor temperatura y menor tiempo de secado se obtiene un contenido de NaCl bajo, lo cual indica un aumento en la vida útil del queso deshidratado Faccia y Mastromatteo (2012). El contenido de NaCl tiene un aumento significativo durante el proceso de secado que va de 1.61 % inicialmente hasta un 3.55 % al final, las condiciones con las cuales se obtiene el máximo contenido de NaCl son: temperatura del aire de secado de 50 °C, tamaño de partícula de 3.5 cm y un tiempo de 120 min.

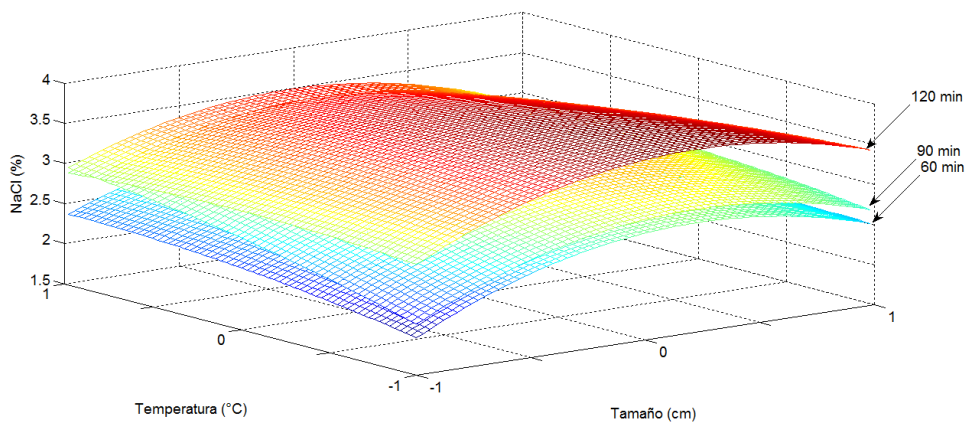


Figura 2. Superficie de respuesta del contenido de NaCl en función del tamaño de partícula, la temperatura del aire de entrada y el tiempo de secado.

Contenido de Grasa

Al realizar el análisis estadístico, la temperatura presentó influencia significativa sobre el contenido de grasa, en la Figura 3 se puede observar que a mayor temperatura se genera un mayor contenido de grasa en el producto

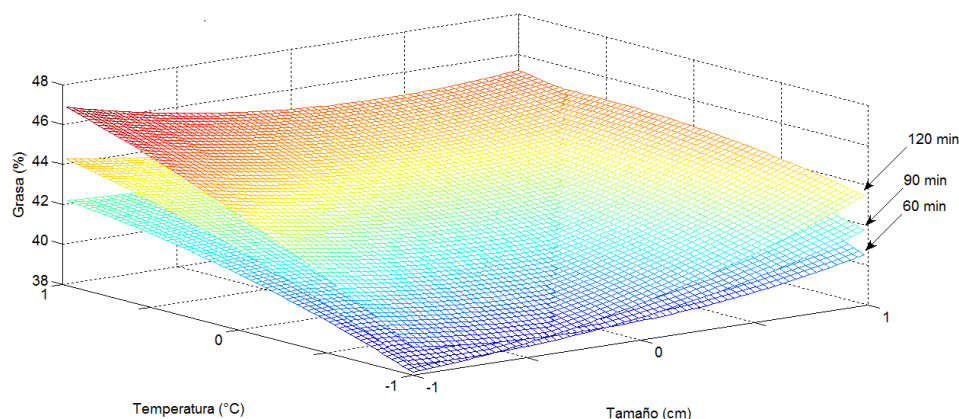


Figura 3. Superficie de respuesta del contenido de grasa en función del tamaño de partícula, la temperatura del aire de entrada y el tiempo de secado.

seco, este comportamiento es consistente con lo reportado por Erbay *et al.* (2014) durante la optimización del secado por aspersión en la producción de queso en polvo. El contenido de grasa presente en el producto fresco es de 2.98 % el cual después de someterlo al proceso de secado logra hasta un 46.84 % debido a la eliminación de agua. Este último resultado se obtiene con las condiciones de aire de secado de 70 °C, un tiempo de 120 min y tamaño de partícula de 0.6 cm.

Trabajo a futuro

Obtener las condiciones óptimas para el proceso de secado por lecho fluidizado de queso fresco, además de realizar pruebas de almacenamiento para estudiar su efecto sobre las características fisicoquímicas del queso deshidratado. De igual manera se realizará el análisis sensorial del producto final para asegurar un cierto nivel de calidad ante el consumidor.

Conclusiones

Al analizar las tres graficas de superficies de respuesta obtenidas, se puede concluir que a mayores temperaturas y periodos de tiempo prolongados, la concentración de Proteínas, grasas y NaCl se verá favorecida con una tendencia creciente, haciendo notar que el tamaño de partícula empleado en el presente trabajo no influye en gran medida. La importancia radica en que a temperaturas elevadas el contenido de humedad es menor, de manera que las concentraciones de otros componentes aumentan de manera significativa.

Agradecimientos

A CONACYT por la beca otorgada para sustentar el desarrollo del presente proyecto de investigación.

Referencias

1. Erbay, Z., -koca, N., Kaymak-Ertekin, F., and Ucuncu, M. 2014. Optimization of spray drying process in cheese powder powder production. *Food and bioproducts processing*. 93:156-165.

2. Faccia, M., Mastromatteo, M., Conte, A. and Del Nobile, M. A. 2012. Influence of the different sodium chloride concentrations on microbiological and physico-chemical characteristics of mozzarella cheese. *Journal of Dairy Research*. (79) 390-396.
3. Lozano-Acevedo, A., Jiménez-Fernández, M., Ragazzo-Sánchez, A., Urrea-García, G. R. and Luna-Solano, G. 2011. Fluidized Bed Drying Process of Thinly Sliced Potato (*Solanum tuberosum*). *Am. J. Pot Res*. 88:360-366.
4. Montgomery, C. A. 1991. Diseño y análisis de experimentos. Grupo editorial Iberoamericana.
5. Mulet, A., Cárcel, J., Sanjuán, N., and Bon, B. 2003. New Food Drying Technologies- Use of Ultrasound. *Food Science and Technology International*. (9): 215-221.
6. Ochoa-Flores, A., Hernández-Becerra, J., López-Hernández, E., y García-Galindo, S. 2013. Rendimiento, firmeza y aceptación sensorial de queso panela adicionado con estabilizantes. *Universidad y Ciencia*. **29**(3) : 277-286.
7. Ramírez-López, C. y Vélez-Ruiz, J. F. 2012. Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación de factores que afectan su calidad. *Temas selectos de ingeniería en alimentos*. (1): 131-148.
8. Rodríguez-Huezo, M. E. y Durán-Lugo, R. 2012. Los quesos mexicanos y del mundo. Hablemos claro. Reporte Teórico. Tecnológico de estudios superiores de Ecatepec.
9. Toro-Sierra, J., Schumman, J. and Kulozik, U. 2013. Impact of spray-drying conditions on the particle size of microparticulated whey protein fractions. *Dairy Sci. & Technolo*. 93:487-503.

HUMEDAD, ACTIVIDAD DE AGUA Y COLOR DE LA ZANAHORIA (*Daucus carota*), DURANTE SU DESHIDRATADO

E. Cruz Guerra^{1*} N. Rosas Reyes¹ S. Vanegas Serrano¹

¹ M.C en Ingeniería Química. Departamento de posgrado e investigación, Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán, Av. Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán S/N, Col. La gloria Ciudad Serdán, C.P. 75520 Puebla Pué.

*e_cruz85@hotmail.com

Área de Participación: Ingeniería Química

Resumen

En la presente investigación se determinó la humedad (x), actividad de agua (a_w) y color (L, hue y chroma), de la zanahoria (*Daucus carota*) producida en la región de Ciudad Serdán durante su proceso de deshidratación. Proceso realizado mediante un deshidratador de charolas, y así establecer el tiempo de vida máximo en anaquel. Se utilizó un diseño de experimentos mixto 3x2 para comparar los efectos de la temperatura de deshidratado (60, 70 y 80 °C), el tipo de zanahoria (comercial e híbrida). Las muestras se cortaron en rodajas de 1.5 mm de espesor y 2 cm de diámetro aproximadamente. Los resultados obtenidos se observó que la humedad (x) y la actividad de agua (a_w) se modifican significativamente durante los 30 primeros minutos del proceso. El color determinado durante el proceso no muestra cambio significativo en comparación con la muestra estándar (zanahoria fresca).

Palabras Clave: zanahoria, deshidratado, color

Abstract

In this research humidity (x), water activity (a_w) and color (L, Hue and Chroma) of carrots (*Daucus carota*) produced in the region of Serdan city was determined. The process is conducted using a dehydrator trays and also set the maximum time life in shelf. Mixed design experiments 3X2 were used to compare the effects of temperature dehydrated (60, 70 y 80 °C). The type of commercial and hybrid carrot Samples were cut into slices 1.5 mm thick and about 2 cm diameter. The results obtained it was observed that the moisture (x) and water activity (a_w) were significantly modified during the first 30 minutes of the process. The certain color during the process does not show significant change compared to the standard sample (fresh carrot)

Introducción

Existen dos fuentes principales de alimentos; plantas y animales. Los alimentos generalmente se clasifican como perecederos (que echa a perder muy rápido), no perecederos (deterioro relativamente más lento), alimentos cosechados, comida cruda, alimentos frescos, alimentos formulados, comida sintética y recientemente popularizado funcional comida (Rahman, 1999; Passos and Ribeiro, 2009). Toda variedad de alimentos en nuestros días necesita alguna forma de conservación, principalmente para reducir o detener el deterioro, para que esté disponible a lo largo de un año, para mantener los niveles deseados de las propiedades nutricionales de los más largos lapso de tiempo posible y para hacer que los productos tengan un valor agregado. Una de las causas principales que presentan los alimentos es el deterioro de estos por lo que es de suma importancia emplear técnicas de conservación de alimentos. El deterioro o deterioro de los alimentos se produce durante la manipulación o debido a la mecánica, física, química o microbiana daños. De estos, daños químicos y microbianos son las causas más frecuentes (Rahman, 1999; Mujumdar, 2004).

Los métodos de conservación comienzan con el análisis completo y la comprensión de toda la cadena alimentaria, incluyendo el cultivo, cosecha, procesamiento, empaque y distribución; por tanto, un enfoque integrado necesita ser aplicada. Se encuentra en el corazón de la ciencia y tecnología de los alimentos, y es el principal objetivo de procesamiento de alimentos. En primer lugar, es importante identificar las propiedades o características que necesitan ser conservado. Una propiedad puede ser importante para un producto, pero perjudicial para los demás. Por ejemplo, colapso y la formación de poros se producen durante el secado de alimentos. Esto puede ser deseable o indeseable dependiendo de la calidad deseada del producto secado, por ejemplo, formación de la costra es deseable para larga vida tazon en el caso de los ingredientes de los cereales del desayuno, y la rehidratación rápida es necesario (es decir, sin la corteza y poros más abiertos) para los ingredientes de la sopa instantánea (Rahman, 2007)

Los principales factores que favorecen al crecimiento microbiano son la condición de manejo, almacenamiento y el contenido de humedad presente en el alimento. Los métodos comunes de conservación de alimentos son: congelación, envasado al vacío, enlatado, preservando en almíbar, comida irradiación, la adición de conservantes y deshidratación más popular o el secado. El secado es una de las maneras más rentables de la preservación de los alimentos de toda la variedad que implica la eliminación de agua mediante la aplicación de calor. Una variedad de subtipos de alimentos se conservan mediante secado, estos incluyen: productos marinos, productos cárnicos, así como frutas y verduras. Los productos alimenticios pueden tener contenido de humedad tan alto como 90 % o más (por ejemplo, melón de agua tiene un contenido de humedad tan alto como 93 %), que necesita ser reducido a un valor aceptable para evitar el crecimiento microbiano. Estos límites son reportados por diferentes microorganismos en términos de actividad de agua y se discutirán en detalle más adelante en este capítulo. Además, cada producto alimenticio debe ser secada de una manera diferente, utilizando pre apropiado y la etapa post- procesamiento y el tipo de secador apropiado a fin de añadir valor satisfactorio tras el secado (Mujumdar 2004; Mujumdar 2008; Chen and Mujumdar, 2008).

La mayoría de los alimentos, está en el rango de actividad de agua de 0,6-0,7. Las bacterias patógenas no pueden crecer por debajo de una actividad de agua de 0,85 a 0,86, mientras que la levadura y los mohos son más tolerantes a una actividad de agua reducida de 0,80, pero por lo general crecimiento no se produce por debajo de una actividad de agua de aproximadamente 0,62. Los límites críticos de la actividad de agua también pueden ser desplazados a niveles más altos o más bajos por otros factores, tales como el pH, sal, agentes antimicrobianos, tratamiento térmico, y la temperatura en cierta medida. Extracción de agua, añadiendo solutos, o el cambio de las interacciones con el agua soluto puede reducir la actividad del agua de un alimento.

Se ha reportado que el contenido de humedad es un factor indicativo de propiedades de deterioro, sin embargo se ha observado que diferentes alimentos con el mismo contenido de humedad no presentan la misma estabilidad, por lo que se considera insuficiente para indicar si un producto es perecedero al no tomar en cuenta las interacciones del agua con otros componentes del mismo por lo que es de gran importancia considerar la actividad de agua de los alimentos (Welti & Vergara, 1997). El uso de altas temperaturas de deshidratación afecta la apariencia y el contenido nutrimental de los vegetales (Zanoni et al., 1998). La actividad de agua (a_w) de la mayoría de los alimentos frescos (por ejemplo, frutas, verduras, carne, pescado, leche) está en el rango de 0,98 a 1,00, pero se almacenan con frecuencia a una humedad inferior (Brennan, 2006).

Metodología

Material

Se usó zanahoria (comercial e híbrida) en rodajas con un espesor de 1.5 mm y un diámetro de 20 mm \pm 2 mm. Para la obtención de las rodajas se utilizó un cortador de vegetales, las zanahorias previamente se seleccionaron y se lavaron.

Secado

Una vez que se obtuvieron las rodajas, se introdujeron en un secador de charolas a diferentes temperaturas (60,70 y 80 °C). Cada 30 minutos se hizo un muestreo para realizar las determinaciones de color, humedad y actividad de agua. El proceso de secado detuvo cuando las muestras alcanzaron una actividad de agua menos a 0.4.

Determinación de humedad, actividad de agua y color

Para las tres determinaciones se realizaron en un intervalo de 30 min (Figura 1). La humedad se determinó en una termobalanza marca Ohaus, donde se introdujo una muestra > 1 gr, la actividad de agua se midió en un medidor de actividad de agua (aquaLab) y el color en un colorímetro (colorquest).



Figura 1. Equipos para la determinación de humedad, aw y color.

Resultados

Antes de iniciar el deshidratado de la zanahoria (comercial e híbrida) se caracterizó determinado su humedad (X), actividad de agua (a_w) y color (hue, choma y L). En la tabla 1 se muestran las características obtenidas de la zanahoria que se utilizó para llevar a cabo la investigación.

Tabla 1. Caracterización de la zanahoria.

Análisis	Resultado	
	Zanahoria comercial	Zanahoria híbrida
Humedad (x)	89.246	90.460
Actividad de agua (a_w)	0.9760	0.9560
Color	L= 37.010	L= 36.016
	Hue=52.802	Hue= 50.802
	Chroma= 29.611	Chroma= 27.52

Durante el deshidratado de la zanahoria (comercial, híbrida) los parámetros obtenidos (humedad, color y a_w) se determinaron en un rango de tiempo que comprendió del minuto 0 al minuto 150 (2.5 horas).

En la Figura 2 y 3 se muestran los valores obtenidos de humedad (X) tanto de la zanahoria comercial y la zanahoria híbrida. Podemos observar en ambas figuras existe pérdida de agua. La Figura 2 presenta una pérdida de agua del 50% o más alrededor del minuto 60 y en el minuto 150 el porcentaje de humedad a las diferentes temperaturas de deshidratado es inferior a 5%.

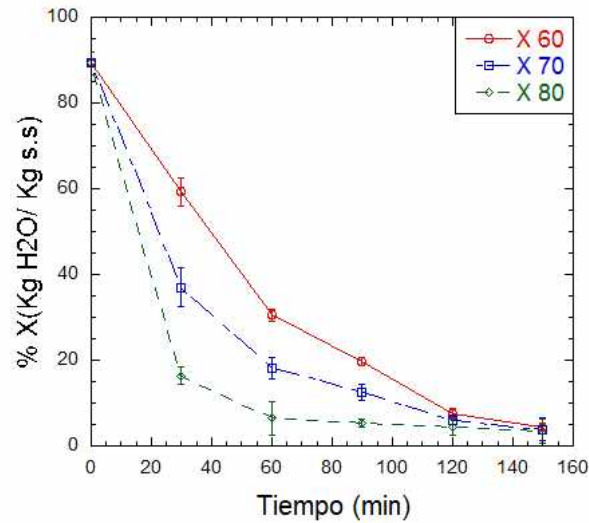


Figura 2. Pérdida de humedad de zanahoria comercial.

De la misma manera en la Figura 3 podemos observar un comportamiento similar de la pérdida de humedad, presentado un decremento mayor en los primeros 60 minutos, siendo que en la temperatura de deshidratado igual a 80 °C el porcentaje mayor de pérdida de humedad es a los 30 minutos.

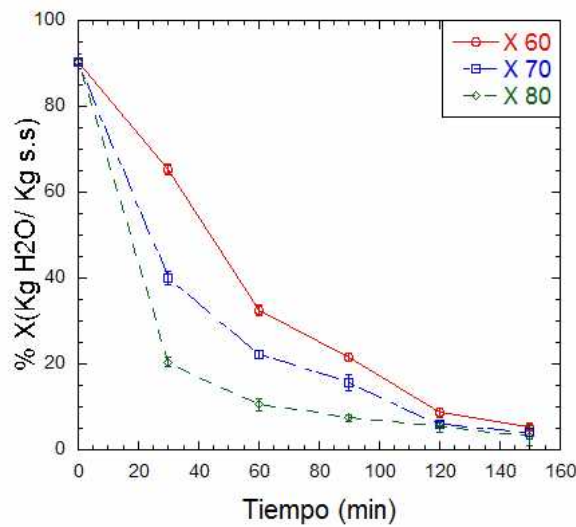


Figura 3. Pérdida de humedad de zanahoria híbrida.

Los datos obtenidos en la actividad de agua de la zanahoria comercial e híbrida se muestran en la Figura 4 y 5 encontramos una actividad de agua inicial de 0.978 que es igual a lo reportado por (Brennan, 2006) para frutas y vegetales. Se observa una pérdida de actividad de agua mayor a una temperatura de 80°C, sin embargo al final del proceso de deshidratado para las 3 temperaturas empleadas tiene una a_w inferior a 0.4 lo cual indica que ya no hay una cantidad suficiente de agua para que los microorganismos se desarrollen.

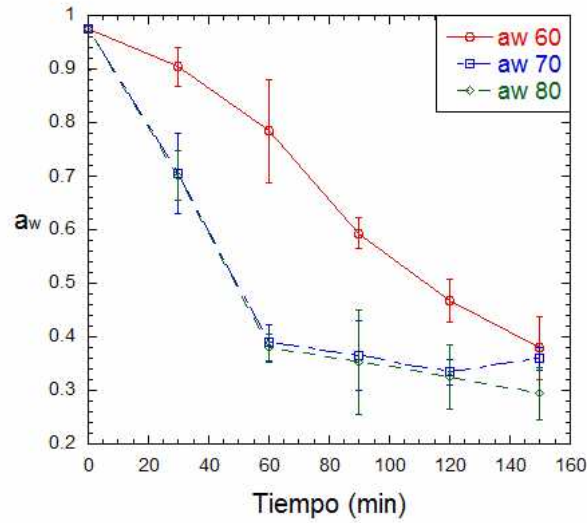


Figura 4. Actividad de agua (a_w) de zanahoria comercial.

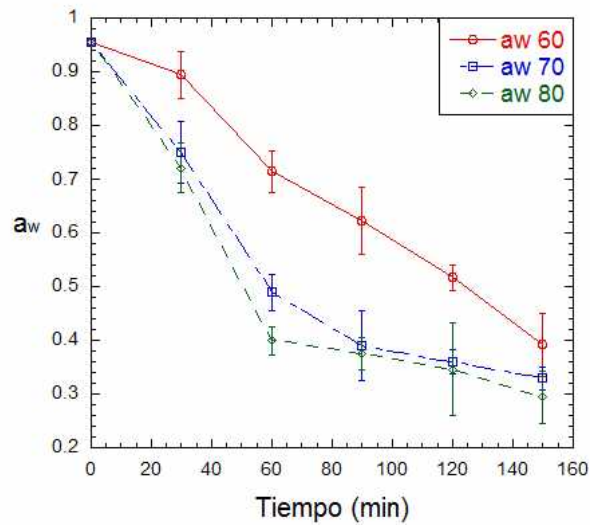


Figura 5. Actividad de agua (a_w) de zanahoria híbrida.

El color en ambos tipos de zanahoria (Figura 6 y 7), se observa que hay un ligero decremento de los distintos parámetros de (L, Hue, Chroma). La luminosidad (L) de la zanahoria comercial es mayor al final del deshidratado que la zanahoria híbrida, Hue se mantiene en 50 y 45 aproximadamente lo cual indica que se encuentra en el rango de color aceptable (Color naranja) y Chroma en ambos tipos de zanahoria es igual.

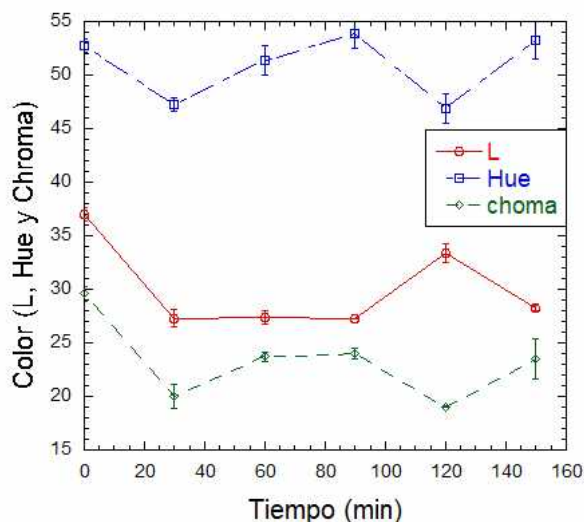


Figura 6. Color (L, Hue, Chroma) de la zanahoria.

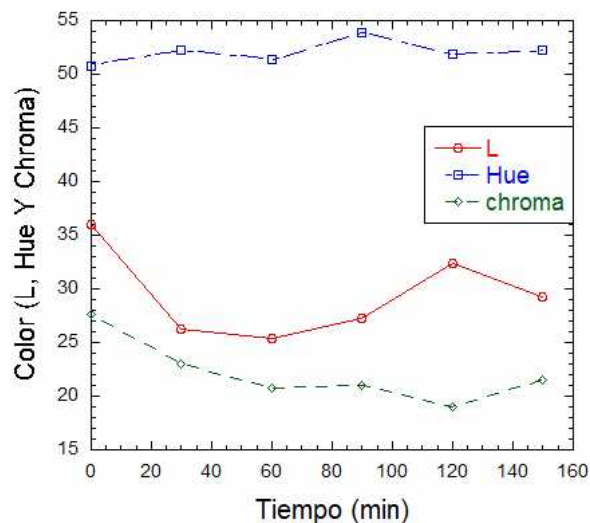


Figura 7. Color (L, Hue, Chroma) de la zanahoria híbrida.

Conclusiones

En el presente trabajo se logró evaluar el efecto de la temperatura durante el proceso de deshidratado mediante un secador de charolas sobre las variables estudiadas: humedad (X), actividad de agua (a_w), y color (L, Hue y Chroma) de la zanahoria (*Daucus carota*).

De acuerdo con los datos obtenidos se observó que durante el deshidratado se redujo la humedad más del 50 % en un tiempo de 60 minutos para las tres temperaturas empleadas, mientras que para la actividad de agua se logró esta reducción con las temperaturas de 70 y 80°C. Al final del proceso de deshidratado (150 minutos), los resultados de humedad para las tres temperaturas empleadas fueron menores al 5% de humedad y para la actividad de agua los resultados finales fueron menor a 0.4.

Durante el deshidratado se observó una disminución de color en la zanahoria híbrida que en la zanahoria comercial.

Bibliografía

- Brennan, J. G. (2006). *Food Processing Handbook*. Weinheim: WILEY-VCH.
- Chen, X., & Mujumdar, A. (2008). *Drying Technologies In Food Processing*. United Kingdom: Wiley-Blackwell.
- Mujumdar, A. S. (2004). *Dehydration of Products of Biological Origin*. U.S.: Science Publishers.
- Mujumdar, A. S. (2008). *Guide to Industrial Drying: Principles, Equipment and New Developments*. India: Three S Colors Publications.
- Passos, M. L., & Ribeiro, C. P. (2009). *Innovation In Food Engineering: New Techniques And Products*. Broken Sound Parkway NW: CRC Press.
- Rahman, M. S. (1999). *Handbook Of Food Preservation*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Rahman, M. S. (2007). *Handbook of Food Preservation*. N.Y: CRC Press.
- Welti, C. J., & Vergara, B. F. (1997). *Welti, Ch. J. y Vergara, B. F. 1997. Actividad de agua: concepto y aplicación en alimentos de alto contenido de humedad. Temas de tecnologías de alimentos. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. México, D.F.*
- Zanoni, B., Peri, C., Nani, R., & Levelli, V. (1998). Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. *Journal Of Food Engineerin*, 395-401.

Efecto del proceso de ultrasonificación en la morfología de gránulos de almidón de plátano (*Musa paradisiaca* L.)

A. Aguirre-Cruz*¹, R. Carmona-García², J. M. Peña-Castro¹, J. Carrillo-Ahumada¹, M. A. García-Muñoz¹.

¹Departamento de Biotecnología, Universidad del Papaloapan. Circuito Central #200, colonia Parque Industrial, C.P. 68301 Tuxtepec, Oax. México.

²Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Tuxtepec. Col. 5 de Mayo, avenida Dr. Víctor Bravo Ahúja C.P 68350, Tuxtepec, Oax. México.

*antaracruz@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del ultrasonido sobre la morfología de los gránulos de almidón de plátano. Por lo cual, se utilizó microscopía luz transmitida, luz polarizada y microscopía electrónica de barrido (MEB), para evaluar los posibles cambios morfológicos de los gránulos de almidón después de haber sido sometidos al proceso de sonicación. El análisis por microscopía de luz transmitida y polarizada no mostró cambios con respecto a su morfología y birrefringencia de los gránulos de almidón sonicados en comparación con el almidón de plátano nativo (APN). Los resultados de MEB mostraron cambios importantes en la superficie de los gránulos de almidón que fueron expuestos a diferentes tiempo de sonicación (20 a 50 min), presentando pequeñas grietas y fisuras sobre su superficie.

Palabras clave: Almidón de plátano, sonicación y morfología.

Abstract

In this work, we studied the effect of ultrasound on the morphology of banana starch granules. To evaluate the morphological changes on starch granules after sonication, we employed three types of microscopy, light transmission, polarized light and scanning electron. Transmission and polarized light did not show morphological changes or birefringence on sonicated granules when compared to native banana starch. On the other hand, images obtained using scanning electron microscopy allowed us to observe important differences on the surface of granules exposed to sonication for 20 and 50, especially cracks and fissures.

Keywords: Plantain starch, sonication and morphology.

Introducción

El almidón es la principal fuente de carbohidratos sintetizado por las plantas superiores. En las células vegetales se organiza en partículas discretas en forma de gránulos, su tamaño y forma puede variar de 1 a 100 μm , dependiendo de la fuente botánica de aislamiento, este también constituye la base de la alimentación en muchos paises en vías de desarrollo como México (Buleón et al., 1990; Bello-Pérez et al., 2000; Freitas et al., 2004).

El almidón es utilizado en muchas industrias de alimentos como agente espesante, aglutinante, para recubrimientos en productos de la confitería o bien como gelificante. Sin embargo, las características propias de los almidones muchas veces no cumplen con las exigencias de las industrias para su aplicación y por esta razón tienden a ser modificados. Existen modificaciones químicas, enzimáticas, físicas y combinaciones de estas, que son utilizadas con la finalidad de brindar una propiedad característica y uso específico.

Algunas modificaciones producen alteración en las propiedades físicas, químicas o estructurales del almidón, por efecto de la incorporación de un componente o grupo sustituyente ajeno a su estructura o bien por deterioro de su estructura.

Las modificaciones químicas son las más utilizadas a nivel industrial debido a que permiten obtener almidones con buena textura y estabilidad térmica. Sin embargo, estas generan muchas veces residuos tóxicos, por esta razón diversas investigaciones están encaminadas en la búsqueda de tecnologías limpias que puedan ser utilizadas para brindar una alternativa diferente a los métodos de modificación convencionales. Tal es el caso del proceso de ultrasonido de alta potencia, el cual puede ser utilizado como factor clave en una gran cantidad de procesos para la industria de alimentos (Mason, Paniwnyk and Lorimer, 1996; Knorr et al., 2004). La FDA (U.S. Food and Drug Administration) postula en un artículo publicado en el 2000, el uso del ultrasonido como tecnología emergente para la inactivación de microorganismos en los alimentos.

El ultrasonido puede ser también utilizado para depolimerizar polisacáridos como el almidón (Azhar and Hamdy, 1979; Chung et al., 2002). Por esta razón en este trabajo se planteó el uso del ultrasonido como una técnica de modificación y evaluar los posibles cambios morfológicos que pudieran presentar los gránulos de almidón después de haber sido sometidos al proceso de sonicación. Estos análisis contribuyen al conocimiento básico acerca del efecto del ultrasonido en la depolimerización de polisacáridos por un método físico, el cual puede también aportar conocimiento en la relación estructura y función.

Materiales y métodos

Aislamiento del almidón

El almidón de plátano fue aislado por el método propuesto por Vergara-Méndez (2012). Los frutos fueron pelados y cortados en rodajas (100 Kg de fruto en estado inmaduro), inmediatamente después fueron sumergidos en una solución de ácido cítrico (3 g/L), molidos en una licuadora tipo industrial, a velocidad baja durante 2 min. Posteriormente, se tamizó en mallas 40, 100, 200 y 400 U.S. El residuo del tamizado se dejó en reposo durante 8 h a 4 °C y transcurrido este tiempo el exceso de agua se drenó y posteriormente fue lavado con agua destilada. El residuo fue secado en un horno de convección forzada a 40 °C por 48 h a 45 °C y una vez seco fue tamizado (malla 100 US) y almacenado para su análisis.

Proceso de Ultrasonicación del almidón

El proceso de sonicación del almidón fue llevado a cabo en un equipo de ultrasonido Hielscher UP200St (Hielscher Ultrasonics, Germany) de la siguiente manera; fue pesado 1 g de muestra y se colocó en un vaso de precipitado con 100 ml de agua destilada, se dejó en agitación (250 rpm) constante por 20 min. Terminado este tiempo la suspensión fue colocada en una celda de flujo encaquetada a una temperatura constante (4°C), se utilizó una potencia de 80 W, amplitud del 20% y dos tiempos de sonicación (20 y 50 min). Utilizando un sonda de 2 mm de diámetro.

Microscopia de Luz polarizada y transmitida

El análisis de microscopia (Leitz, Wetzlar, Alemania) se llevó a cabo en un equipo de la siguiente manera; una cantidad de almidón se esparció en un portaobjetos de forma uniforme, enseguida se agregó una gota de agua y con ayuda de una espátula se homogenizó la mezcla. Posteriormente se colocó un cubreobjetos y se observó bajo una lente con luz transmitida y luz polarizada.

Microscopía electrónica de barrido (MEB)

El análisis de MEB fue llevado a cabo en un equipo marca Philips, modelo XL30 ESEM. Las muestras fueron colocadas sobre un portamuestras de aluminio de 12 mm de diámetro, previamente depositadas sobre una cinta conductora de carbón de doble cara de plata coloidal. Posteriormente fueron colocadas en la cámara de vacío (Denton Vacuum) para eliminar el exceso de humedad y fueron analizadas.

Resultados y discusiones

Microscopia de Luz transmitida y polarizada

El análisis de microscopia de luz normal y luz polarizada realizado en las muestras de almidón de plátano nativo (APN), almidón de plátano sonicado por 20 min (APS-20) y almidón de plátano sonicado por 50 min (APS-50), no reflejó cambios significativos en su forma y tamaño, comparados con su contraparte el APN. En la Figura 1, pueden ser observadas las imágenes de las muestras analizadas por luz normal y luz polarizada, todos los gránulos presentaron el fenómeno de birrefringencia (Figura 1b, 1d y 1f), ya que se observó la cruz de malta bien definida, indicando la naturaleza nativa de los gránulos, esto también es indicativo del ordenamiento molecular de su estructura, independientemente del tratamiento al cual fue sometido (APS-20 y APS-50), por lo que puede decirse aparentemente que el proceso de sonicación bajo estos tiempos no altera significativamente la estructura molecular de los gránulos.

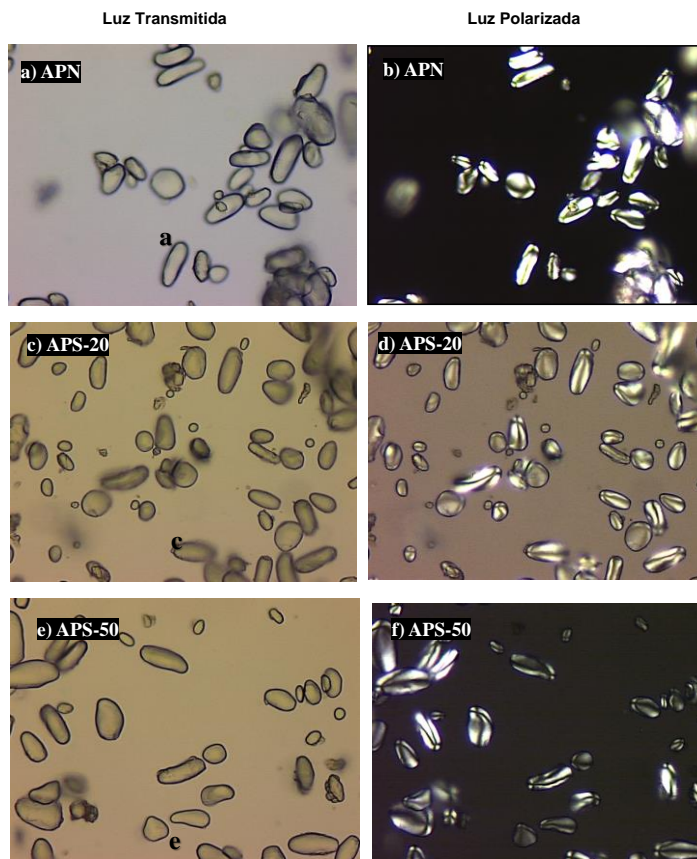


Figura 1. Imágenes de microscopia (20 x) de luz polarizada (a, c y e) y luz transmitida (b, d y f) para almidón de plátano nativo (APN), almidón de plátano sonicado por 20 min (APS-20) y almidón de plátano sonicado por 50 min (APS-50).

Agama-Acevedo et al., (2015) observó una morfología y tamaño similar en almidón de plátano de la misma variedad con presencia de la cruz de malta característico de almidones que no han sido alterados o modificados.

Microscopía electrónica de barrido (MEB)

Las micrografías de MEB para las muestras (APN, APS-20 y APS-50) evaluadas se presentan en la Figura 2. Los gránulos de ANP presentan tamaños diferentes de forma elíptica o lenticular con superficie liza (Figura 2a y 2b). Espinosa-Solis et al., (2011) observó una morfología muy similar para gránulos de almidón aislados a partir de plátano. En el caso del APS-20 este presenta algunas grietas y fisuras indicando que el proceso de sonicación causó degradación superficial sobre los gránulo (Figura 2c y 2d). Esto se volvió más evidente al incrementar el tiempo de exposición de 20 a 50 min, ya que se puede apreciar una mayor degradación sobre la superficie de los gránulos (Figura 2e y 2f). Zhu et al., (2012) encontró un efecto muy similar en almidón de papa sometido a un proceso de sonicación observando grietas y fisuras sobre la superficie de los gránulos.

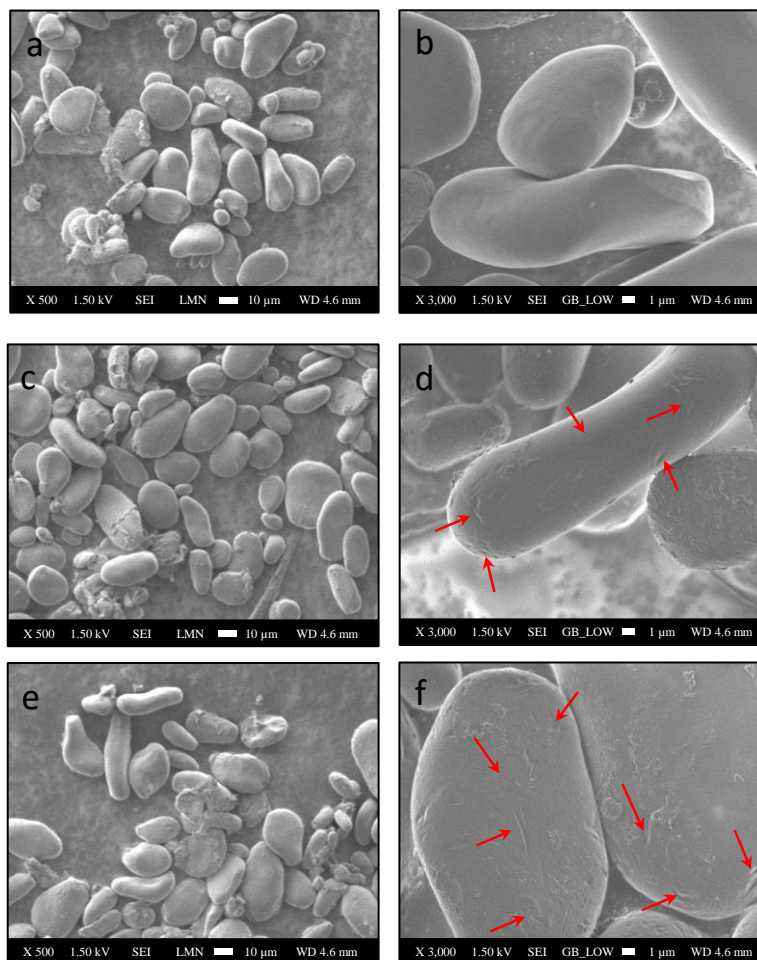


Figura 2. Micrografías de MEB (500x y 3000x) para el almidón de plátano nativo y sonicado a diferentes tiempos (20 y 20 min). Almidón de plátano nativo (a y b), almidón de plátano sonicado a 20 min (c y d) y almidón de plátano sonicado a 50 min (e y f).

Conclusiones

Por medio de las técnicas propuestas, para evaluar las características de morfología de los gránulos de almidón expuestos al proceso de ultrasonido fue posible evaluar determinar si la modificación física por ultrasonido provocó alteraciones, ya que se observaron cambios en la superficie del gránulo de almidón de plátano esto se vuelve más evidente con el aumento del tiempo de exposición al ultrasonido de 20 a 50 min, estas fisuras y grietas formadas en la superficie podrían facilitar en un momento dado el proceso de hidratación o hidrólisis de estos almidones, facilitando con ello dicho proceso.

Bibliografía

1. Agama-Acevedo, E., Bello-Pérez, L. A., Pacheco-Vargas G. y Evangelista-LozanoInner, S. (2015). Structure of plantain starch granules by surface chemical gelatinization: morphological, physicochemical and molecular properties. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 14(1), 73-80.
2. Azhar, A., and Hamdy, M. K. (1979). Sonication effect on potato starch and sweet potato powder. *Journal of Food Science*, 44, 801-804.
3. Bello-Pérez, L. A., Agama-Acevedo, E., Sáyago-Ayerdi, S. G., Moreno-Damian, E., and Figueroa, J. D. C. (2000). Some structural, physicochemical and functional studies of banana starches isolated from two varieties growing in Guerrero, México. *Starch/Stärke*, 52(2-3), 68-73.
4. Buléon, A., Colonna, P., & Leloup, V. (1990). Les amidons et leurs dérivés dans les industries des céréales. *Industries Alimentaires et Agroindustrielles*. Juin, 515-532.
5. Chung, K. M., Moon, T. W., Kim, H., & Chun, J. K. (2002). Physicochemical properties of sonicated mung bean, potato, and rice starches. *Cereal Chemistry*, 79, 631-633.
6. Espinosa-Solis, V., Sanchez-Ambriz, S. L., Hamaker B. R. and Bello-Pérez. L. A. (2011). Fine structural characteristics related to digestion properties of acid-treated fruit starches. *Starch/Stärke*, 63, 717-727.
7. FDA (U.S. Food and Drug Administration) (2000). Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies. <http://www.cfsan.fda.gov/~comm/ift-toc.html>.
8. Freitas, R. A., P. C. Paula, J. P. A. Feitosa, S. Rocha, and M. R. Sierakwski. 2004. Amylose contents, rheological properties and gelatinization kinetics of yam (*Discorea alata*) and Cassava (*Manihot utilissima*) starches. *Carbohydrate Polymer*. 55: 3-8.
9. Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., & Lee, D. -U. (2004). Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends Food Science and Technology*, 15, 261-266.
10. Mason, T. J., Paniwnyk, L., & Lorimer, J. P. (1996). The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 3, S253-S260.
11. Vergara-Méndez, B., "Efecto de la modificación química dual del almidón de plátano (*Musa paradisiaca* L.) sobre las propiedades térmicas, morfológicas y estructurales", Tesis de Licenciatura, Universidad del Papaloapan, Instituto de Química Aplicada, Tuxtepec, Oaxaca, México, pp. 35. 2012.

DESHIDRATACIÓN DE ATOLE DE CHAPURRADO MEDIANTE SECADO COMBINADO

Silva-Martínez L^{1,4*}, Pérez-Campos E^{1,2}, Pedroza-Islas R.³, Díaz-Santos R⁴, Brena-Robles E⁴

¹Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. Unidad de Bioquímica e Inmunología. Instituto Tecnológico de Oaxaca. Av Víctor Bravo Ahuja s/n C.P. 68060, Oaxaca de Juárez., México, * prehistoric2@hotmail.com

²Centro de Investigaciones Médicas y Biomédicas. Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. Carr. Antigua a San Felipe del Agua s/n, Oaxaca de Juárez., México

³Laboratorio de Biopolímeros, Universidad Iberoamericana, Prol. Paseo de la Reforma 880, Lomas de Santa Fe, C.P. 01219, México D. F., México

⁴Departamento de Ciencias Básicas. Instituto Tecnológico de Oaxaca. Av Víctor Bravo Ahuja s/n C.P. 68060, Oaxaca de Juárez., México,

Área de participación: Ingeniería Química.

Resumen

Se obtuvieron concentrados en polvo de champurrado, mediante un secado combinado (presión osmótica, microondas y aire caliente), 80 °C fue la temperatura indicada para no dañar la calidad sensorial del polvo obtenido. Análisis sensoriales por muestras pareadas indicó que el pre-tratamiento osmótico con soluciones de sacarosa y fructosa (50° Brix), seguido de una deshidratación con microondas de intensidad media, logró conservar los pigmentos naturales en 94%, sin afectar significativamente el dulzor de la bebida reconstituida. Ensayos analíticos reportaron: Contenido de humedad (40.7 %); Proteína (2.01)%, Fibra Dietética (3.21) %, Calcio (11.33)%, Sodio (5.1)%, Hierro (1.08)%, Azúcar reductores (42.24)%, Grasa Saturada (2.79)%, Grasa monoinsaturada (1.20)%, Grasa polinsaturada (1.27)%, sin colesterol ni grasa trans. El perfil de ácidos grasos mostró alto contenido en omega (ácido oléico (21.98%) y linoléico (18.54 %)), los análisis microbiológicos reportan valores permitidos por la NOM-SSA-1994 y la FDA, sin diferencia sensorial significativa entre la bebida tradicional y el concentrado rehidratado.

Palabras clave: *secado combinado; bebida deshidratada; champurrado en polvo.*

ABSTRACT

Champurrado powder concentrates were obtained, by means of a combined drying (osmotic pressure, microwaves and hot air), 80 ° C was the indicated temperature not to damage the sensorial quality of the obtained powder. Sensorial analyses by paired samples indicated that the osmotic pre-processing with solutions of sucrose and fructose (50° Brix), followed of a dehydration with microwaves of average intensity, managed to conserve natural pigments in 94 %, without significantly affecting the sweetness of the reconstituted drink. Analytical test reported: Moisture Content (40,7%); Protein (2.01%), Dietetic Fiber (3.21 %), Calcium (11.33%). Sodium (5.1%), Iron (1.08%), Reducing Sugar (42.24%), Saturated Fat (2.79%), Monounsaturated Fat (1.20%). Polyunsaturated Fat (1.27%), without greasy cholesterol nor trans. The fatty acid profile showed high content of Omega (oleic acid (21,98%) and linoleic acid (18,54%)), the microbiological analyses report values allowed by the NOM-SSA-1994 and FDA, without significant sensorial difference between the traditional drink and the rehydrated concentrate.

Introducción

El champurrado es una bebida caliente de las más representativas de la región del valle del estado de Oaxaca, elaborada a base de maíz criollo (*Zea mays*), cacao (*Trehoba cacao*), azúcar, canela y almendra, representa para el estado cultura y tradición, la receta ha sobrevivido a lo largo del tiempo heredada de generación en generación. En la forma tradicional de elaborar el champurrado, el maíz se hierve con piedra caliza lo que reblandece en pericarpio del grano para eliminarlo posteriormente con tres lavados con agua, de la molienda de los ingredientes se obtiene una masa homogénea, la cual se hidrata con 80 % de agua y se lleva a ebullición para disolver una tablilla de chocolate (azúcar, canela, cacao y almendra). El champurrado es una bebida que tiene un gran aporte calórico, debido a los ingredientes utilizados, y la forma de elaboración artesanal hace que sea una joya culinaria de la gastronomía Oaxaqueña.

Gastroenterólogos recomiendan el consumo de bebidas calientes a personas que presentan daño gastrointestinal como gastritis, colitis, entre otras afecciones. Una alternativa es el consumo de café y la leche, pero para aquellas personas intolerantes a la lactosa o a su vez que el café sea irritante para su organismo, encuentran en el champurrado una excelente alternativa para mitigar y contrarrestar los síntomas de dolor. En contraparte el champurrado solo se puede comparar en los mercados zonales del estado de Oaxaca y su vida de anaquel solo es de 24 horas aproximadamente.

Siendo una bebida de alto consumo en la región de los Valles Centrales de Oaxaca y debido a que su preparación y consumo es al momento, en este estudio se establecieron las condiciones óptimas para elaborar el champurrado deshidratado utilizando un método combinado aplicando un pre-tratamiento osmótico seguido por uno de microondas y uno por aire caliente, con el propósito principal de deshidratar el champurrado y sea preparado en cualquier lugar solo hidratando la bebida en agua caliente.

Material y métodos

Tratamiento de la materia prima. El maíz criollo (*Zea mays*), azúcar, canela, cacao, se obtuvieron en un mercado local (Mercado Benito Juárez de Oaxaca). 10 kilogramos de semillas de maíz criollos se mezclaron con 20 litros de agua potable y 0.380 kilos de piedra caliza, esta mezcla resultante se mantuvo en ebullición durante 2.5 horas, pasado este tiempo se decanta y se adiciona agua fría y se somete a abrasión para eliminar el pericarpio reblandecido. El maíz y los demás ingredientes se muelen en un molino de piedras giratorias con un motor de 20 Hp de potencia. Con la pasta obtenida se forman láminas de 10X10 cm y de aproximadamente 1 cm de espesor, y se someten a cocción con vapor a 120 °C durante 25 minutos. A la pasta se le determina contenido de humedad (AOAC, 1980) y sólidos solubles por refractometría (con un refractómetro Carl Zeiss modelo 89553) en muestras previamente trituradas y centrifugadas.

Secado osmótico. Se realizaron estudios preliminares con soluciones de sacarosa-fructosa: 40, 50 y 60 °Brix de estos resultados se eligió la solución a 50 ° Brix por las propiedades sensoriales obtenidas con este tratamiento (datos no mostrados). Las láminas de la pasta de ingredientes se sumergieron en una solución de sacarosa-fructosa de 50 °Brix a 30°C durante 6, 12 y 24 h, para ser sometidas a un segundo tratamiento de secado por microondas.

Secado por microondas. Se utilizó un horno de microondas marca De Longhi, potencia máxima 1000W a una frecuencia de 2450 MHz. Se colocaron muestras de 270 gramos de la pasta pre-tratada osmóticamente sobre rejillas y se sometieron a microondas evaluando el comportamiento de secado en función de la potencia: 40 %, 60 %, y 80 % respecto de la potencia máxima alcanzada por el equipo y se obtuvieron las curvas de secado hasta tener un peso constante. Estas determinaciones se hicieron por triplicado.

Secado por aire caliente. Las muestras obtenidas de los dos tratamientos previos de secado, se colocaron en un secador de bandejas marca Cariot. Se evaluaron diferentes temperaturas de secado: 65, 85, 95 y 110 °C, dos velocidades de aire: 1.8 m/s y 2.1 m/s y tres tiempos de secado: 12, 24, y 36 horas. Se obtuvieron las curvas de secado correspondientes.

Determinación de la actividad de agua de los productos secos. Se utilizó un higrómetro de punto de rocío marca Decagon Aqualab, con sensibilidad de 0.001. El equipo fue calibrado previamente con soluciones salinas saturadas. Las muestras trituradas y homogeneizadas se colocaron en el portamuestra para la determinación de la actividad del agua se determinó por triplicado.

Análisis Microbiológicos: *Cuenta de mesófilos aerobios:* este ensayo se realizó en agar para cuenta estándar incubando por 48 horas a 35°C de acuerdo con la NOM-092-SSA1-1994; *Coliformes totales:* Se utilizó agar de bilis y rojo violeta, incubados a 35°C durante 24 ± 2 horas de acuerdo a la : NO-113-SSA1-1994; hongos y levaduras: Este ensayo se realizó en agar dextrosa papa acidificado, incubados a 25°C ± 1°C durante 5 días de acuerdo a la NOM-111-SSA1-1994; *Salmonella sp:* se siguió el ensayo descrito en la NOM-114-SSA1-1994. *E. coli:* de acuerdo a los métodos analíticos de la FDA (2001).

Análisis físicoquímicos: *Humedad:* Método Gravimétrico NOM-116-SSA1-1994.; *Cenizas:* Método Gravimétrico NMX-F-607-NORMEX-2002; *Grasa total:* Método Gravimétrico NOM-086-SSA1-1994 Apéndice

Normativo C.1.2.: *Proteína*: Método Kjeldahl NMX-F-608-NORMEX-2002.; *Fibra cruda*: Método Gravimétrico NMX-F-613-NORMEX-2003.; *Sodio*: Método Espectrofotométrico de Absorción Atómica NOM-086-SSA1-1994. Ap. Normativo C-5.; *Azúcares Reductores Totales*: Método Volumétrico NOM-086-SSA1-1994 Apéndice Normativo C.2.1.; *Fibra dietética*: Método Enzimático-Gravimétrico NOM-086-SSA1-1994 Apéndice Normativo C.7.1.; *Hierro*: Método Espectrofotométrico de Absorción Atómica NOM-117-SSA1-1994.; *Calcio*: Método Espectrofotométrico de Absorción Atómica basado en NOM-086-SSA1-1994 Apéndice C-5.

Grasas: *Colesterol*: por cromatografía de gases AOAC (994,10) 2005; *Ácidos grasos Trans*: Método Cromatográfico AOCS Official Method Ce 1h-05; *Grasa saturada* Método Cromatográfico AOCS Official Method Ce 1h-05.ç; *Grasa monoinsaturada*: Método Cromatográfico AOCS Official Method Ce 1h-05.; *Grasa poliinsaturada*: Método Cromatográfico AOCS Official Method Ce 1h-05.

Perfil de ácidos grasos: por cromatografía de gases AOAC (963,22 y 969,33). 2005

Metales pesados: *Mercurio*: Método Espectrofotométrico de Absorción Atómica NOM-117-SSA1-1994; *Arsenico*: Método Espectrofotométrico de Absorción Atómica NOM-117-SSA1-1994; *Cadmio*: Método Espectrofotométrico de Absorción Atómica NOM-117-SSA1-1994; *Plomo*: Método Espectrofotométrico de Absorción Atómica NOM-117-SSA1-1994.

Materia extraña Official Method of Analysis of AOAC International Official Method 982,32 18th. Edition 2005, Chapter 16 page 19.

Análisis sensorial: Realizada en dos sesiones: Sesión preliminar (10 panelistas evaluaron dos muestras para describir características diferentes, la frecuencia repetitiva sirvió para realizar la segunda sesión. Segunda sesión prueba (2-AFC), los panelistas evaluaron cuatro pares de muestras e identificaron la de mayor intensidad, los datos obtenidos se analizaron mediante la prueba de Friedman para diseños en bloques aleatorios completos (Statgraphics).

Resultados y discusión

En el secado osmótico, el tiempo de tratamiento adecuado en la solución de 50 ° Brix (sacarosa-fructosa), fue someter el concentrado durante 20 horas, se evaluaron temperaturas mayores, pero se formó un encostramiento superficial, lo cual dificultó la molienda, en la figura 1, se muestra la pérdida de peso en función del tiempo para distintas concentraciones de sacarosa-fructosa con un nivel de agitación 120-130 r.p.m.

Ecuación 1
$$y = -2E-07x^6 + 3E-05x^5 - 0.0023x^4 + 0.0805x^3 - 1.4815x^2 + 13.648x - 5.6158$$

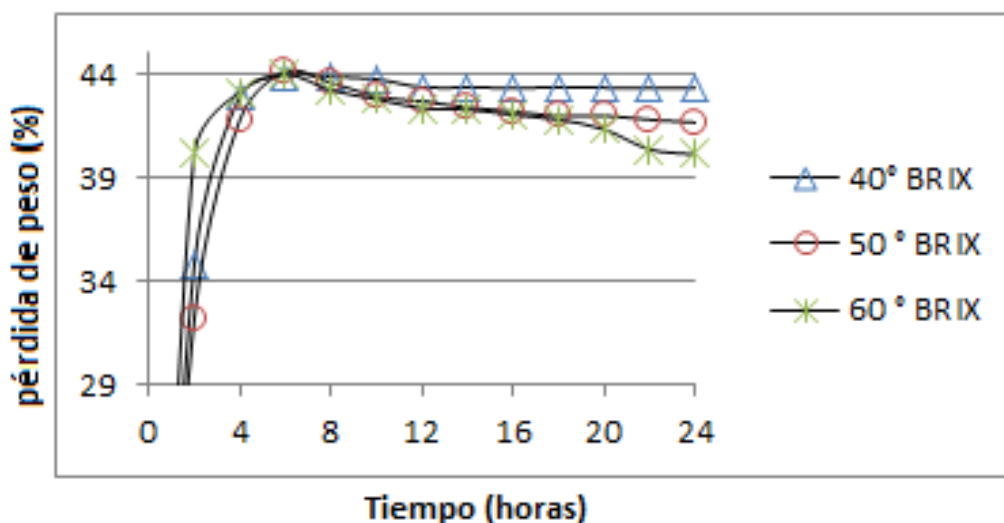


Figura 1.- Cinética del secado osmótico de láminas de champurrado efectuado a diferentes concentraciones de solución sacarosa-fructosa, estos ensayos se realizaron a temperatura ambiente.

Una regresión polinomial de sexto orden (ecuación 1) es la que más se ajusta para describir el comportamiento de la cinética de secado osmótico a las láminas de champurrado, teniendo una r^2 de 0.9476. En el secado por microondas posterior al tratamiento osmótico, se observó que al efectuar el secado a potencias superiores al 60 % de potencia del microondas, se favorecía la presencia de coloración marrón (característica de la reacción de Maillard).

Los concentrados secados a potencias inferiores a 50 % presentaron apelmazamiento en el polvo obtenido, lo que influyó en una disminución de un 60 % de tiempo de vida de anaquel del concentrado, por lo que consideramos que trabajando a 60 % de la potencia del microondas existe una degradación del 15 % adicional de los nutrientes pero evitamos este efecto.

Ecuación 2

$$y = -0.0846x^4 + 0.6306x^3 - 0.6983x^2 - 15.768x + 270.22$$

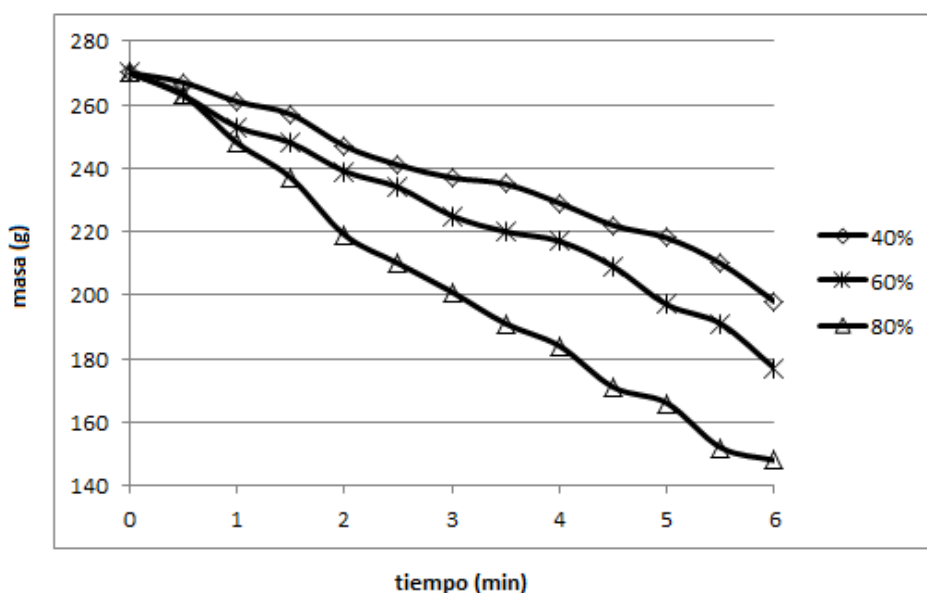


Figura 2.- Cinética del secado por microondas de láminas de champurrado efectuado a diferentes concentraciones de solución sacarosa-fructosa, estos ensayos se realizaron a temperatura ambiente.

Una regresión polinomial de cuarto orden (ecuación 2) es la que más se ajusta para describir el comportamiento de la cinética de secado por microondas a las láminas de champurrado, teniendo una r^2 de 0.9974. La cinética de secado del concentrado mediante aire caliente (Fig. 1) presentó un comportamiento uniforme a una temperatura de 85°C, con temperaturas inferiores se obtiene una actividad de agua promedio de 0.57 lo que no favorece su conservación, con temperaturas de 85 a 110°C, aparece encostramiento, sabores amargos y pérdida de aromas.

El secado del champurrado a 85 °C por un periodo de 24 hrs, permitió obtener un polvo con $A_w = 0.37$ y al momento de ser rehidratado presentó un daño del 8 % en sus características sensoriales y nutrimentales, teniendo un rendimiento del 51.8 % de la muestra inicial. Mediante una regresión polinomial de quinto orden se obtuvo la ecuación de la cinética de secado (ecuación 3) a 85 °C del concentrado de champurrado, condición a la cual se mantienen las propiedades organolépticas de la bebida deshidratada.

Ecuación 3 $y = -1E-15x^5 + 1E-11x^4 - 3E-08x^3 + 3E-05x^2 - 0.0219x + 5.9318$

$R^2 = 0.9991$

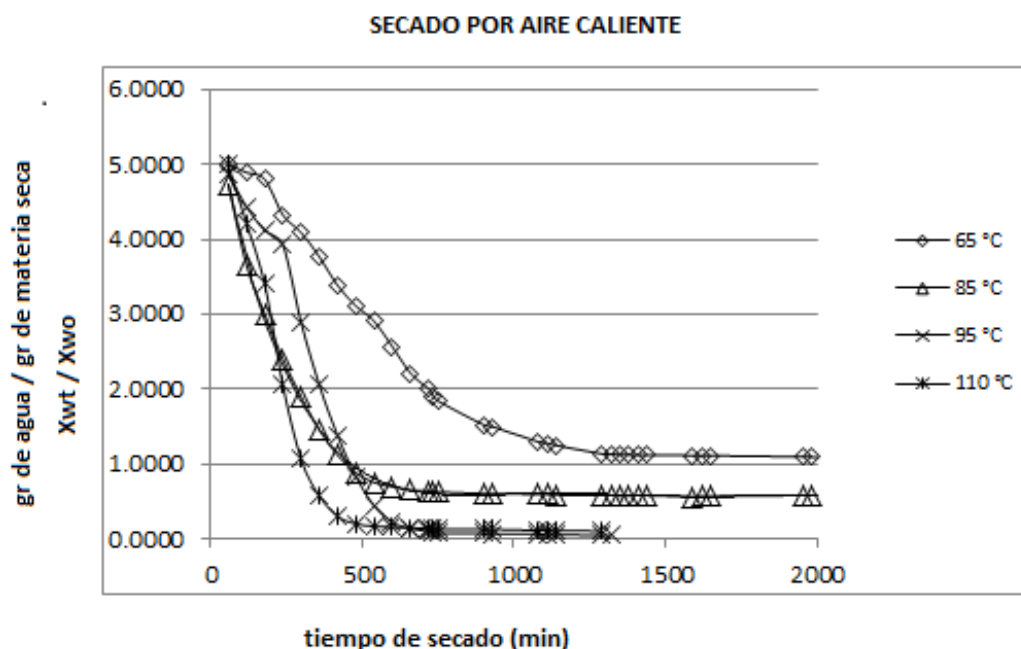


Figura 3.- Secado de Champurrado a diferentes temperaturas. Previo a este secado se efectuó secado osmótico en solución de sacarosa-fructosa (60 °Brix) durante 24 horas, y secado por microondas con intensidad media.

Los análisis fisicoquímicos realizados al concentrado en polvo (Tabla 1), no detectaron presencia de materia extraña, ni metales pesados. Las condiciones del proceso de deshidratado combinado, tienen influencia en el contenido de microorganismos presente en el polvo obtenido (Tabla 2), debido a que los valores obtenidos caen dentro de los parámetros establecidos por las normas oficiales del sector salud. El paso del concentrado deshidratado por la malla 30, hace que en el proceso de pulverizado se obtengan partículas promedio de 30 a 50 micras de diámetro, lo que permite que en el proceso de rehidratación del polvo sea del 91 %, manteniendo así el cuerpo de la bebida.

PARÁMETRO	valor	MÉTODO
* Humedad	40.70%	MP-ANA-13
pH (diluidos al 10 %)	7.8	MP-ANA-19
* Granulometría (malla 30)	90	MP-ANA-20
Densidad aparente	0.87	MP-ANA-09
% Acidez (Ac Tartárico)		
Color Hunter Lab (diluido al 10 %)	L = 30 a= 12.6 b= 26.8	MP-ANA-19
Arsénico	no detectado	MP-ANA-10
Plomo	no detectado	
Cadmio	no detectado	
Mercurio	no detectado	

Tabla 1 .- Análisis fisicoquímico del champurrado deshidratado

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR	MÉTODO
Bacterias mesófilas Aerobias	ufc/ g	9	NOM-092-SSA-1-1994
Organismos Coliformes totales	ufc/ g o NMP/g	Ausente	CCAYAC-M-004
Mohos	ufc/ g	10	NOM-111-SSA-1-1994
Levaduras	ufc/ g	12	NOM-111-SSA-1-1994
Escherichia Coli	ufc/ g o NMP/g	Ausente	NOM-145-SSA1-1994/FDA BAM 8th ED. Ch.4
Salmonella Spp	ufc/ g	Ausente	BAM 8th ED. Ch.12

Tabla2.- Análisis microbiológico del champurrado deshidratado.

NOMBRE DEL ENSAYO	VALOR
Cenizas	1.76%
Grasa (Hidrolisis alcalina)	5.12%
Proteína (NX6, 25)	2.01%
Fibra cruda	4.32%
Hidratos de carbono	45.30%
Aporte calorico	298.00%
Sodio	5.10%
Fibra dietética total	3.21%
Azucares reductores totales	42.24%
Grasa saturada	2.79%

Tabla 3.- Análisis final del champurrado en polvo

El análisis mediante cromatografía de gases, reportó que el téjate deshidratado no contiene colesterol. Un análisis de ácidos grasos mediante hidrólisis alcalina reportó un contenido total de grasa saturada de 0.32 %, no se detecta ácidos grasos trans, el contenido de grasa mono insaturada es de 0.25 % y grasa polinsaturada de 0.41 %. El análisis del perfil graso revela altos contenidos en omega 3 y omega 6.

Después de haber efectuado el análisis estadístico, las condiciones óptimas de elaboración del champurrado deshidratado fueron: tiempo de reposo en solución sacarosa-fructosa de 60 ° Brix durante 24 h. secado por microondas de intensidad media y secado por aire caliente a 80°C.

Los análisis estadísticos (Tabla 4) indicaron que la temperatura de deshidratación del secado por microondas no tiene influencia en la eficiencia del secado, sin embargo se optó por trabajar con una intensidad media debido a que se obtienen mayor estabilidad en medios acuosos.

Analysis of Variance for Col 5- Type III Sums Squqres						
Source	Sum of Squares	Df	Mean squares	F-Ratio	P-Value	
MAIN EFECTS						
A: Osmotic	80.174	2	40.087	6.56	0.0048	
B: Microwaves	175.611	2	87.8055	14.38	0.0001	
C: Hot Air	30.0968	2	15.0484	2.46	0.104	
INTERACTIONS						
AB	45.8698	4	11.4675	1.88	0.1434	
AC	7.30722	4	1.82681	0.3	0.876	
BC	39.748	4	9.93701	1.63	0.01963	
ABC	36.349	8	4.54363	0.74	0.6529	
RESIDUAL	164.916	27	6.10801			
TOTAL (CORRECTED)	580.072	53				

Tabla 4.- Análisis de varianzas multifactor realizado en el programa estadístico Statgraphics.

El secado de los concentrados después de la centrifugación a temperatura del aire caliente a 80°C influye en su morfología, debido a que no se obtuvieron partículas con simetría y definición. Para llegar a una conclusión si existe diferencia significativa entre el concentrado rehidratado y una bebida recién elaborada, se realizó un análisis estadístico evaluando muestras no paramétricas, por el método de Friedman. Con un nivel de significancia de 0.05. El análisis sensorial realizado, indica que los panelistas no encontraron diferencias significativas en el sabor, aroma, cuerpo de la bebida entre el champurrado rehidratado y una bebida recién elaborada.

Conclusiones

Se obtuvo un concentrado en polvo de champurrado, que al ser rehidratado conserva sus características sensoriales en comparación con una bebida recién elaborada, los altos contenidos de omega 3 y omega 6 en el concentrado indican beneficios para los consumidores, el impacto tecnológico radica en el daño mínimo hacia los nutrientes y la conservación de las características propias de la gastronomía Oaxaqueña. El impacto social radica en que al ser Oaxaca un estado carente de industria alimentarias (en donde el sector mezcalero y cafetalero son los más grandes exponentes), se generan nuevas oportunidades para cerrar las cadenas productivas y dar ese valor agregado al producto final y así comercializarlo fuera de la entidad federativa incluso atendiendo a la exportación, generando empleos, y autoconsumo de las materias primas de la región.

La aplicación de los métodos de secado combinado aunque no se habían aplicado a infusiones alimenticias, ha servido para elaborar bebidas deshidratadas típicas del estado de Oaxaca, lo cual ha generado la generación de nuevos empleos y oportunidades para el mercado mundial.

Trabajos futuros

Los métodos de secado combinado han sido eficientes para lograr la deshidratación de las bebidas tradicionales del estado de Oaxaca, dentro de las bebidas frías como lo son el téjate, la horchata, concentrado de tamarindo y Jamaica, así como de bebidas calientes donde encontramos el atole de champurrado y al atole de leche, el siguiente paso es aplicar este método de secado combinado a un postre regional y prehispánico como lo es el nicuatole, que se podría considerar como una gelatina de maíz con el sabor de la gastronomía oaxaqueña.

Agradecimientos

A la empresa Plazita Gourmet quien trabaja conjuntamente con el Instituto Tecnológico de Oaxaca y permitir que se publiquen datos obtenidos derivados de este estudio.

Referencias

1. Aguilera, J. M. y Stanley, D.W. (1990). Microstructural principles of food processing and engineering. London, Elsevier applied Science
2. Albors, A., Salvatori, D., Andrés, A., Chiralt, A., Fito, P. (1998) Influence of the osmotic solution concentration on the structural and compositional profiles in dehydrated apple tissue. En : *Drying 98*. C.B. Akkritidis D. Marinos-Kouris y G.D. Saravacos (Eds.), Ziti Editions, Thessloniki. Vol A: 877-885
3. Alzamora, S.M., Gerchenson, L.N., Vidales, S.L., Nieto, A.B. (1996). Structural changes in the minimal of fruits : some effects of blanching and sugar impregnation. En: *Food Engineering 2000*. P.Fito E. Ortega – Rodriguez y G.V. Barbose –Canovas (Eds) NY: Chapman and Hall. 117-139.
4. Balaban, M., Pigott, G.M. (1988) Mathematical model of simultaneous heat and mass transfer in food with dimensional changes and variable transport parameters. *Journal of Food Science*, 53(3): 935-939
5. Barat, J.M., Chiralt, A., Fito, P. (1998). Equilibration of apple tissue in osmotic dehydration: microstructural changes. *Drying Technology*, 17 (7-8): 1375-1386. Ben-Arie, R., Kiselev, N., Frenkek, C. (1979). Ultra structural changes in the cell.
6. Fito, P., Andrés, A., Chiralt, A., Pardo, P. (1996). Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation – relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous food-liquid systems. *J. Food Eng.*, 27, 229-240.

7. González-Mariño, G. (1999). Viabilidad de la piña colombiana (Var.Cayen lisa) para su industrialización combinado las operaciones de impregnación a vacío, deshidratación osmótica y secado por aire caliente Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España.
8. Lazárides, H.N (1998). Mass transfer phenomena during osmotic processing of fruits and vegetables. En: *Proceeding of the trad main meeting of Copernicus project. Process optimisation and minimal processing of foods. Vol.3, Drying*. J.C. Oliveira and F.A.R. Oliveira (Eds.), Leuven, October 23-25, 1997: 43-45.
9. Silva-Martínez L. Aplicación de secado combinado con presión-vacío para obtener horchata oaxaqueña deshidratada 100% natural. Memorias del CIM-2014, Instituto Tecnológico de Orizaba

Efecto de variables del proceso de congelación sobre la calidad de la papa (*Solanum tuberosum*)

R.M. Hernández-Rodríguez^{1*}, C. Muñoz-López¹, M. P. Rascón-Díaz², G. Luna-Solano¹.

¹Departamento de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9 No. 852, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Veracruz, México

²Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana, Prolongación de Oriente 6, No.1009, Rafael Alvarado, C.P. 94340, Orizaba, Veracruz, México.

*ros.hernandez.rod@gmail.com

Ingeniería Química

Resumen

Los procesos de congelación y ultracongelación presentan diferencias sobre las características fisicoquímicas que definen la calidad del alimento. El objetivo de este trabajo fue evaluar dichos procesos a -10°C y -40°C , respectivamente, en la papa (*Solanum tuberosum*) sobre el color, el agua congelable y el incremento volumétrico. La papa se cortó en tres formas: bastones, cubos y hojuelas. Se encontró que la ultracongelación aumentó la luminosidad de la papa procesada, y que los cubos mostraron mayor incremento en el parámetro **a**, así como los bastones en el parámetro **b**. Se presentó en la congelación y ultracongelación mayor porcentaje de agua congelable en las hojuelas con 63% y 73%, seguidas de los bastones con 56% y 70%, y cubos con un 15% y 29%, correspondientemente. El incremento volumétrico en cada proceso fue similar para las tres formas, sin embargo cada una mostró diferentes variaciones a lo largo del proceso.

Palabras clave: Congelación, ultracongelación, papa, conservación

Abstract

The conventional freezing and quick freezing processes show differences on physico-chemical characteristics that define the quality of food. The objective of this investigation was to evaluate these processes at -10°C and -40°C , respectively, in the potato (*Solanum tuberosum*) on color, freezable water and volumetric increase. The potato was cut in three shapes: batons, cubes and slices. It was found that quick freezing increased the luminosity of processed potato, and that the cubes showed a greater increase in parameter **a**, as well as the batons in parameter **b**. The greatest percentage of freezable water was presented in slices with 63% in conventional freezing and 73% in quick freezing, followed by batons with 56% and 70%, and cubes with 15% and 29%, respectively. The volumetric increase in each process was similar for three shapes, however each one showed different variations throughout the process.

Introducción

La papa (*Solanum tuberosum*) es una herbácea anual que produce un tubérculo, la papa misma, con alto contenido en carbohidratos, tal que ocupa el cuarto lugar mundial en importancia como alimento, después del maíz, el trigo y el arroz. Recién cosechada, contiene un 80 % de agua y un 20 % de materia seca. De ésta materia seca, entre el 60 % y el 80 % es almidón. Respecto a su peso en seco, el contenido de proteína de la papa es análogo al de los cereales, y superior en comparación con otras raíces y tubérculos [FAO, 2008].

En México la papa ocupa el quinto lugar en el renglón alimenticio, siendo el maíz, frijol, trigo y arroz los cuatro primeros [CONPAPA, 2013]. El destino de la producción de papa en el país es principalmente el consumo nacional. En 2013, de las 1.7 millones de toneladas producidas, sólo cerca de 27 mil toneladas (1.6%) se destinaron al mercado de exportación: papas preparadas sin congelar (93%) y papas frescas (6%). En contraste, ese mismo año se importaron más de 230 mil toneladas: papas congeladas (54%), frescas (41%) y papas preparadas sin congelar (5%) [SIAP, 2013].

La preservación de los alimentos por bajas temperaturas brinda un mayor tiempo de vida de anaquel a diferencia de otros métodos de conservación. Después de la refrigeración, la congelación es el mecanismo que produce menor modificación al alimento, puesto que una vez descongelado el alimento procesado presenta una mayor similitud al alimento fresco. La congelación produce una desecación, y se caracteriza por efectuar en el agua presente en los alimentos un cambio de fase del estado líquido al estado sólido, reduciendo en el alimento la cantidad de agua libre disponible, solidificándola y evitando así su función como vehículo de reacciones químicas, enzimáticas, bioquímicas y microbiológicas [Aguilar, 2012; Barreiro & Sandoval, 2006; Umaña, 2007].

La calidad del producto final no es mejorada con la congelación, ésta depende de la calidad de la materia prima, el proceso aplicado, los tiempos y temperaturas empleados en los mismos, y el embalaje utilizado. La velocidad de cristalización de las moléculas de agua afecta directamente la calidad del producto, ya que de ella depende el tamaño de los cristales y el daño generado a las células por los mismos. Dicha velocidad de cristalización del agua se clasifica en lenta y rápida, esta última también denominada ultracongelación [Umaña, 2007; Orrego, 2008]. En la congelación lenta se generan pocos cristales extracelulares de gran tamaño y forma de aguja, provocando daños físicos al tejido y desnaturalización proteica; mientras que en la ultracongelación se forman un gran número de cristales esféricos y pequeños, intra y extracelulares, reduciendo los daños físicos al tejido y la desnaturalización proteica [Barreiro & Sandoval, 2006].

El estado de Veracruz es el tercer mayor productor a nivel nacional de diferentes especies de papa, sin embargo su aprovechamiento como materia prima para diversos productos no ha sido explotado y se ve en la necesidad de importar, por lo cual es necesario el estudio y aplicación de nuevos procesos a las papas para aumentar su valor agregado, e incursionar en la industrialización con el propósito de disminuir las importaciones de papa procesada, motivo por el cual en este trabajo se evaluó y comparó el proceso de congelación y ultracongelación de la papa (*Solanum tuberosum*) del municipio de La Perla, Veracruz, sobre la calidad del alimento, analizando el color, cantidad de agua congelada e incremento de volumen en tres diferentes tamaños de muestra del tubérculo.

Metodología

Selección de materia prima

Se utilizó papa (*Solanum tuberosum*) proporcionada por los agricultores del municipio de La Perla, Veracruz. Las papas se seleccionaron de acuerdo a su tamaño, buscando que no existiera mucha variación en las dimensiones de cada papa ($4\text{ cm} \pm 0.5\text{ cm}$ de diámetro), y de acuerdo a su madurez, se escogieron las papas con el menor tiempo de cosecha.

Acondicionamiento de la papa

La papa se lavó y cortó de tres formas distintas: cubos de 1 cm^3 , bastones de 1cm de ancho y 7cm de largo, y hojuelas de 2mm de espesor y 5cm de diámetro, como se muestra en la Figura 1.

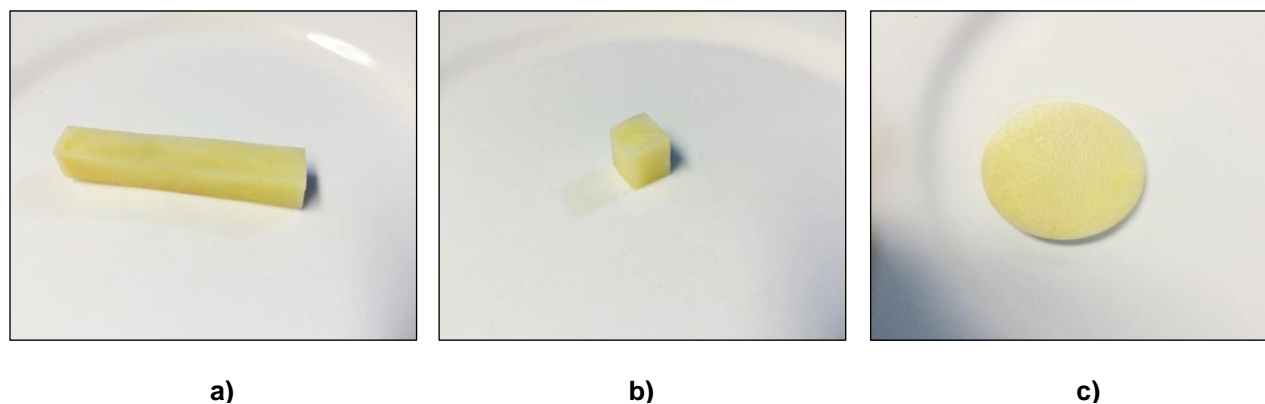


Figura 1. Formas empleadas para el estudio de la papa: a) bastones, b) cubos y c) hojuelas.

Proceso de congelación y ultracongelación

Las muestras previamente acondicionadas se sometieron a congelación y ultracongelación por periodos de 180 minutos, manejando la temperatura de -10°C y -40°C respectivamente. Se utilizó un congelador convencional y un ultracongelador vertical.

Tratamientos experimentales

El número de tratamiento y las condiciones experimentales que fueron establecidas en ésta investigación se presentan en la Tabla 1. Dichos tratamientos fueron realizados con replica.

Tabla 1. Tratamientos experimentales

Forma de la muestra	Temperatura (°C)	Tratamiento
Cubos	-10	1
Cubos	-40	2
Bastones	-10	3
Bastones	-40	4
Hojuelas	-10	5
Hojuelas	-40	6

Análisis de color

El color se determinó al finalizar el proceso, mediante un colorímetro MiniScan XE Plus para sólidos marca Reston, donde las lecturas de los parámetros de color **a**, **b**, y **L** se obtuvieron por el Sistema Hunterlab con el programa Software Universal versión 4.10. Para la determinación de ΔE se empleó la Ec. 1-1:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (\text{Ec. 1 - 1})$$

Análisis de la cantidad de agua congelable

La cantidad de agua congelable fue medida a partir de diferencia de peso de agua residual, evaluando dicha conversión cada 15 minutos en un periodo de congelación de 180 minutos.

Análisis de incremento de volumen

El volumen inicial se calculó para cada forma de la papa fresca antes de ser congelada, posteriormente la evolución del incremento de volumen fue obtenida. Los periodos de congelación y los muestreos realizados fueron análogos a los realizados para la cantidad de agua congelable.

Resultados y discusión

Efecto de la congelación sobre el pardeamiento enzimático

La medición de color se realizó al finalizar los procesos de congelación y ultracongelación, en base al estándar de la papa fresca. De los cuatro atributos de calidad de los productos alimenticios como lo son el color, la textura, el sabor y las propiedades nutricionales, el color probablemente es el principal factor considerado, ya que la apariencia del alimento es un criterio primario para el consumidor [Lamikanra, 2002].

En la Tabla 2 se muestran los resultados promedios de los parámetros de color correspondientes a los análisis realizados al final de cada tratamiento, expresando los valores de **L** (luminosidad/oscuramiento), **a** (rojo/verde), **b** (amarillo/azul) y ΔE (diferencia de color). Realizando una comparación de los valores de los tratamientos experimentales con los obtenidos de la papa fresca se observó que para el parámetro **L** se obtuvieron valores desde 37.795 a 47.71, para **a** se obtuvieron valores desde -0.67 hasta 2.66, para **b** se obtuvieron valores desde 10.435 hasta 13.73 y para ΔE se obtuvieron valores desde 9.645 hasta 17.195, evidenciando que la variable de respuesta con más cambios fue la luminosidad.

Tabla 2. Parámetros de color a, b, L y ΔE obtenidos para los distintos tratamientos

Tratamiento	L	A	b	ΔE
Papa fresca	31.58	0.33	8.12	-
1	37.795 ^{5.2113}	2.66 ^{3.1678}	10.795 ^{1.393}	9.645 ^{3.1749}
2	42.03 ^{0.7353}	2.135 ^{0.7424}	11.125 ^{0.9545}	12.17 ^{1.0465}
3	41.915 ^{3.9385}	1.32 ^{1.7536}	11.955 ^{0.6293}	12.645 ^{3.4577}
4	45.195 ^{3.9668}	1.785 ^{0.1626}	13.73 ^{1.1172}	16.725 ^{3.9810}
5	44.775 ^{4.7588}	1.42 ^{2.3345}	11.125 ^{0.7848}	14.67 ^{4.4406}
6	47.71 ^{0.5515}	-0.67 ^{0.2828}	10.435 ^{1.195}	17.195 ^{0.6717}

Se encontró que el parámetro **L** tuvo la mayor influencia sobre los valores de ΔE , observando que los experimentos que emplearon la congelación rápida (Tratamiento 2, 4 y 6) presentaron estadísticamente los mayores valores de luminosidad. Observaciones similares fueron reportadas por Holzwarth y *col* [2012], cuya investigación empleó una congelación lenta y rápida en fresas, y observó que las muestras sometidas a la congelación rápida presentaron valores notoriamente mayores del parámetro **L** que las muestras sometidas a congelación lenta, atribuyendo los resultados a la formación de cristales de hielo pequeños en la superficie del producto. Este efecto también se encontró presente en ciruela, zanahoria y espárragos liofilizados, en los cuales los valores de luminosidad fueron mayores cuando se empleó en su proceso una congelación rápida en lugar de una congelación lenta, e inclusive en otros métodos de conservación [Muñoz-López, C., 2014; Reyes y *col.*, 2010; Jokic y *col.*, 2009].

El incremento en el parámetro **a** de acuerdo a los resultados de ésta investigación infiere un pardeamiento enzimático, que para el tratamiento 1, 2 y 4 fue mayor en comparación de los demás tratamientos; mientras que el mayor incremento de **b** lo presentaron los tratamientos 2, 3, 4 y 5.

En estudios de secado de papa reportaron que para hojuelas de 4 cm de diámetro la diferencia de color fue mayor que para las hojuelas congeladas de 5 cm de diámetro del presente trabajo, sin embargo, para secado de hojuelas donde el diámetro fue igual o menor a 1.5 cm de diámetro, la diferencia de color fue menor que en ésta investigación [Wang y *col.*, 2010; Lozano-Acevedo y *col.*, 2011].

Efecto de los tratamientos sobre la cantidad de agua congelable

El agua libre está compuesta por el agua superficial, de hinchamiento y la condensada en capilares, la cual se congela primordialmente en los procesos de congelación, por lo cual también es llamada agua congelable. Mediante la congelación se reduce la cantidad de agua libre disponible, al solidificar y fijar parte de ésta, no puede intervenir más como vehículo de reacciones que deterioren el alimento. Por este motivo, es de esperarse que, mientras mayor sea el cambio de agua libre a una condición más estable en el proceso de congelación, mayor será la conservación de la calidad del alimento, sin ser necesario el reducir la temperatura del alimento a niveles más bajos, los cuales no serían efectivos para congelar el agua ligada y sólo resultaría en desperdicio de energía y productividad [Barreiro & Sandoval, 2006].

En la Figura 1 se muestran las gráficas de evolución de congelación del agua para las tres distintas formas de la papa. En la Figura 1a se observa para la forma de bastones, que el porcentaje de agua congelable que presentó el proceso de congelación fue de hasta un 58%, mientras que el proceso de ultracongelación mostró hasta un 73% de agua congelable desde los 135 minutos. En la Figura 1b se muestra para la forma de cubos que el porcentaje de agua congelable fue mayor a la temperatura menor de congelación (-40°C). En la Figura 1c se presenta la evolución para la forma de las hojuelas, donde los máximos valores para el porcentaje de agua congelable fueron 74.79% a los 90 minutos y 73.35% a los 120 minutos, para congelación y ultracongelación respectivamente, obteniendo al final del proceso de congelación un 63.23 % de agua congelable y un 72.56% al final de la ultracongelación. Observando finalmente que se obtuvo un mayor índice

Graficas de evolucion de congelacion del agua para bastones

Graficas de evolucion de congelacion del agua para cubos

de agua congelable para las hojuelas, seguido de los bastones, y en menor proporción se encontraron los cubos.

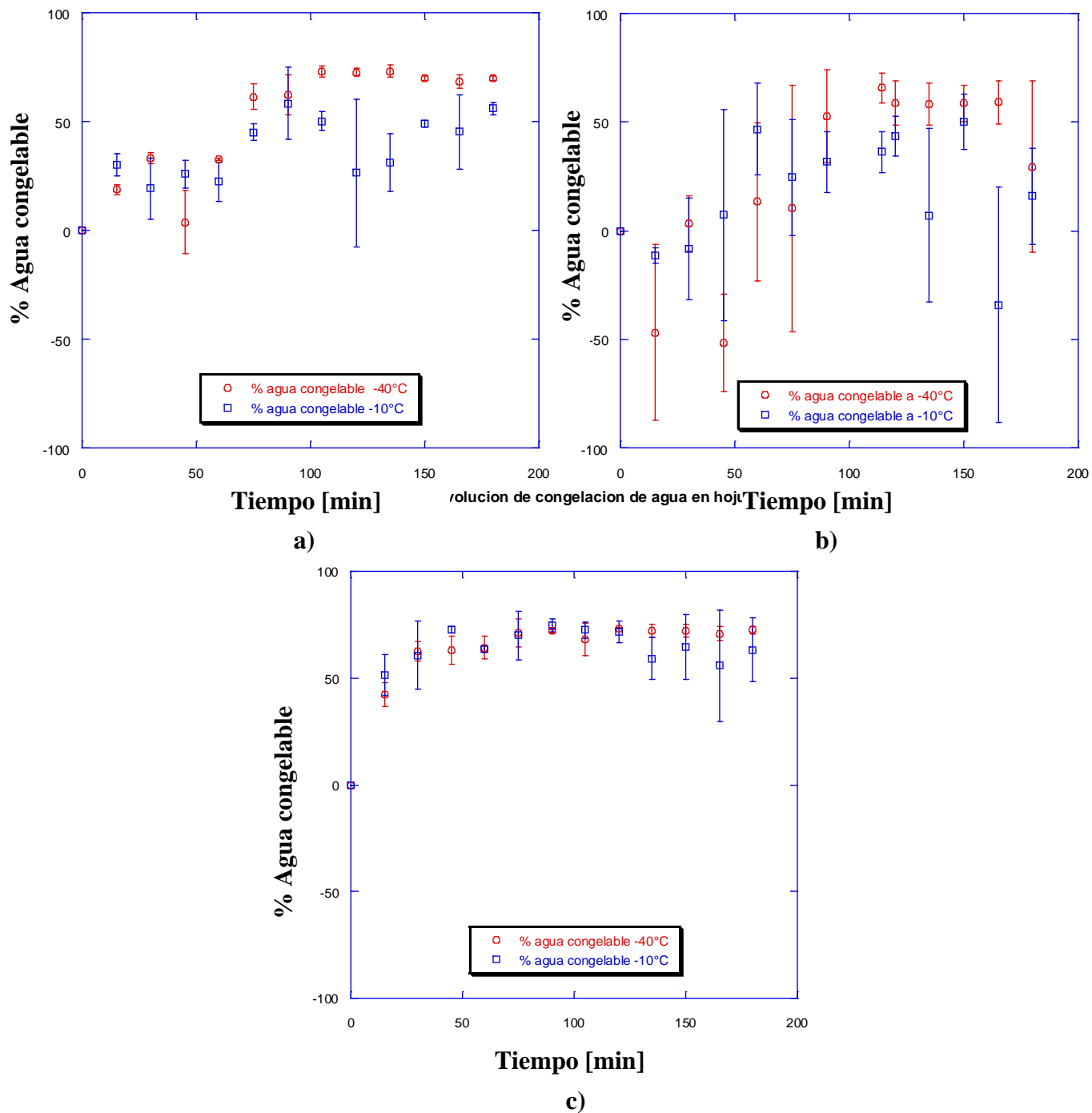


Figura 2. Evolución de congelación del agua para: a) bastones, b) cubos y c) hojuelas.

Para las tres formas estudiadas, la hojuela es la única forma que no presenta diferencia en ambos procesos de congelación, en contraste a los bastones, forma que presenta una diferencia notoria entre ambas temperaturas.

En el caso particular de la forma de los cubos, se presentan valores negativos de porcentaje de agua congelable, indicando un aumento en la humedad del producto de hasta un 34 % en la congelación y de hasta

un 50% en la ultracongelación. Este fenómeno es atribuido probablemente a la humedad del medio adquirida particularmente a dicha forma, puesto que para ambas temperaturas presentó un comportamiento inestable.

Al igual que las reacciones químicas y bioquímicas del alimento, la actividad de agua también es determinada por la temperatura, por lo que no hay necesidad de medirla en el alimento congelado, puesto que así como el proceso de congelación frena las reacciones de degradación, de manera similar controla la actividad de agua [Aqualab, 2011].

Efecto del tipo de cristalización de agua sobre el incremento de volumen

Los alimentos al ser congelados tienden a aumentar su volumen porque la densidad del agua congelada disminuye, este fenómeno depende de la humedad y composición del alimento, mientras más humedad posea el alimento más apreciable será su cambio de volumen [Barreiro & Sandoval, 2006]. El incremento de volumen de agua pura es de 9% a 0°C [Alvarez y Canet, 1997].

En la Figura 3 se presentan las gráficas de incremento de volumen para las 3 formas de la papa a -10°C y -40°C de temperatura de congelación. En la Figura 3a se observa el comportamiento que presentó la forma de bastón, donde al final del proceso de congelación alcanzó un mayor cambio de volumen que al final de la ultracongelación, con un 7% y un 3.5% de incremento, respectivamente. En la Figura 3b se muestra el comportamiento del cubo, siendo de las tres formas el que presentó mayor variación de cambio volumétrico, teniendo hasta un 11% de incremento en la congelación a los 135 minutos, mientras que en la ultracongelación se alcanzó hasta un 7.47% de incremento de volumen a partir de los 30 minutos hasta las 2 horas, llegando hasta un 7% y 3.5% de incremento para -10°C y -40°C de temperatura al final del proceso, respectivamente. Para la forma de hojuela (Figura 3c) se mostró un incremento de volumen de 7%, al final del proceso, siendo este mayor en comparación al proceso de ultracongelación, donde al término del proceso se alcanzó un 3.5% de cambio volumétrico.

Estudios reportaron que tanto la papa entera como en forma de cilindro (2.5 cm de diámetro y 1 cm de alto), o forma de hueso (7.5 cm de largo y 2 cm de ancho) se encoge al llegar por debajo de los 0°C, y conforme a que la congelación va progresando, la expansión del alimento toma lugar, señalando que la expansión era mayor mientras más largas fueran las muestras [McKellar y col, 2009; Alvarez y Canet, 1997], es posible que en esta investigación el fenómeno de encogimiento no se haya alcanzado a observar puesto que las cargas de volumen fueron inferiores. Alvarez y Canet, [1997] observaron que la congelación en las muestras empieza en el intervalo de -3°C a -9°C, y cuando la mayor parte de agua ha sido congelada, en un intervalo de -9°C a -12°C, la velocidad con la que ocurre el cambio volumétrico disminuye, esto explica porque a la temperatura de -40°C la estabilización se presentó antes que a la temperatura de -10°C, siendo congruente con los resultados obtenidos en el porcentaje de agua congelable previamente señalados.

Trabajo a futuro

Como complemento de la presente investigación se analizarán dos temperaturas más tanto para el proceso de congelación como para el proceso de ultracongelación, adicionando como variable independiente un pretratamiento a las muestras para disminuir el pardeamiento enzimático, esperando evaluar el proceso más adecuado para la preservación de la papa (*Solanum tuberosum*) en las tres diferentes presentaciones trabajadas.

Además, a los mejores tratamientos se les analizarán algunos componentes nutritivos para observar si hay algún deterioro en el alimento procesado comparándolo con el alimento fresco.

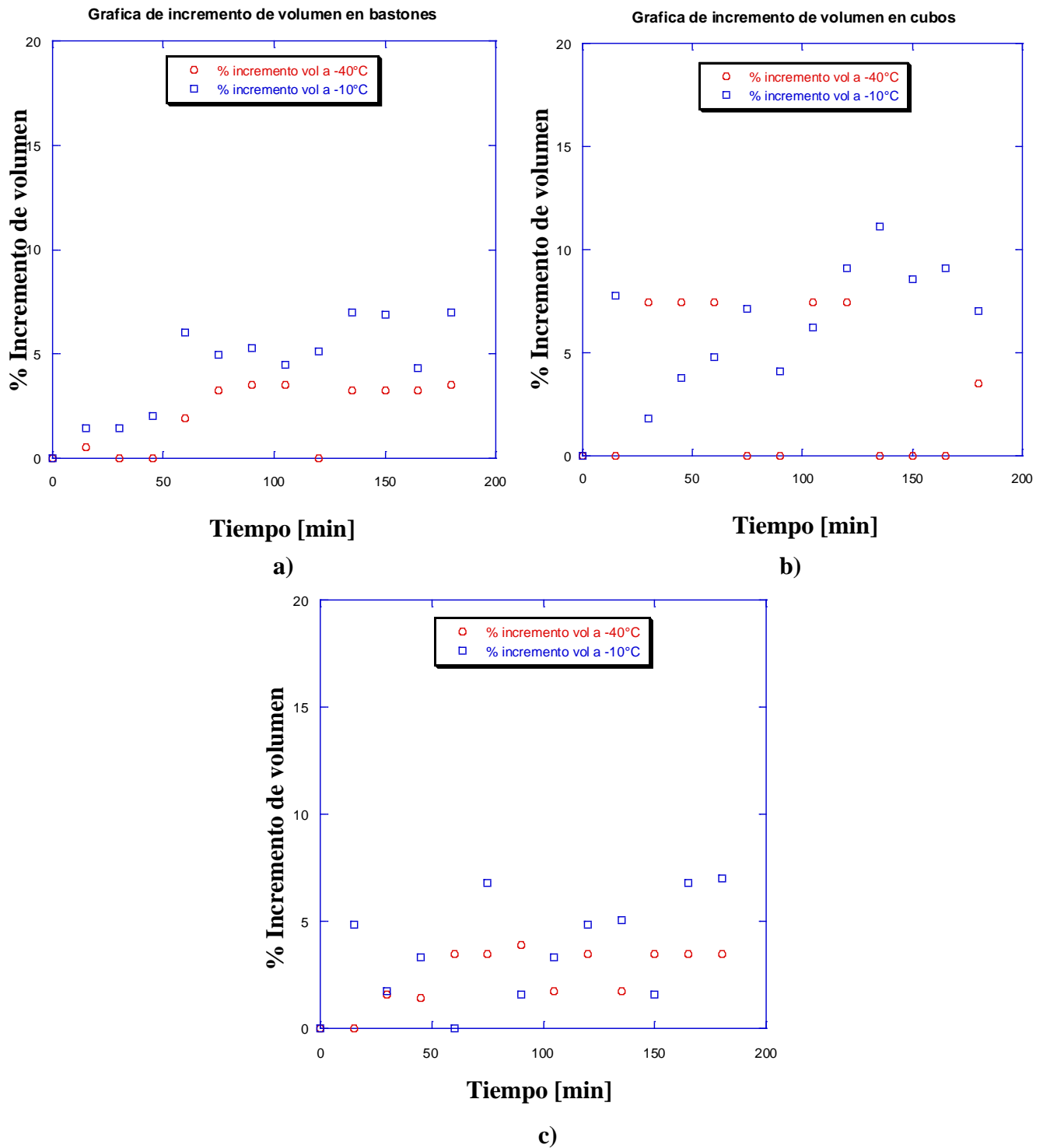


Figura 3. Incremento de volumen durante el proceso de congelación en: a) bastones, b) cubos y c) hojuelas.

Conclusiones

En general, las variables del proceso de congelación y ultracongelación presentan efecto significativo sobre la calidad de la papa cortada en diferentes formas. Dejando en evidencia que de acuerdo al color, el incremento

volumétrico y la cantidad de agua congelable, la papa en forma de hojuela fue la que mejor calidad presentó en ambos procesos, en especial en la ultracongelación. Los bastones presentaron mejor comportamiento en éste último proceso, mientras que los cubos presentaron mayor inestabilidad y por consecuencia menor calidad al finalizar ambos procesos.

Referencias

1. Aguilar M., J. 2012. Métodos de conservación de alimentos. Red Tercer Milenio. México.
2. Alvarez, M.D. & Canet, W. 1997. Effect of pre-cooling and freezing rate on mechanical strength of potato tissues (cv Monalisa) at freezing temperatures. *Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und – Forschung*, 205: 282-289.
3. Aqualab, 2011. Water Activity Before and After Freezing. Consultado en <http://www.aqualab.com/assets/Uploads/13991-01-AN-Water-Activity-Before-and-After-Freezing.pdf>.
4. Barreiro M., J.A & Sandoval B., A. J. 2006. Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas. Editorial Equinoccio. Venezuela.
5. Confederación Nacional de Productores de Papa de la República Mexicana (CONPAPA), 2013. Consultado en <http://conpapa.org.mx/files/pages/000000018/ficha-tecnica-2013.pdf>
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2008. Consultado en <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/index.html>
7. Holzwarth, M., Korhummel, S., Carle, R. & Kammerer, D.R. 2012. Evaluation of the effects of diferent freezing and thawing methods on color, polyphenol and ascorbic acid retention in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch). *Food Research International*, 48 (2012):241-248.
8. Jokic, S., Mujic, I., Martinov, M., Velic, D., Bilic, M. & Lukinac, J. 2009. Influence of drying procedure on colour and rehydratin characteristic of wild asparagus. *Czech J. Food Sci.*, 27 (3):171-177.
9. Lamikanra, O. 2002. Fresh-cut Fruits and Vegetables: Science, Technology, and Market. CRC Press LCC. EUA.
10. Lozano-Acevedo, A., Jimenez-Fernández, M., Ragazzo-Sánchez, A., Urrea-Garcia, G. R. & Luna-Solano, G. 2011. Fluidized bed drying process of thinly sliced potato (*Solanum tuberosum*). *Am. J. Pot Res.*, 88:360-366.
11. McKellar, A., Paterson, J. & Pham, Q.T. 2009. A comparison of two models for stresses and strains during food freezing. *Journal of food engineering*, 95 (2009): 142-150.
12. Muñoz López, C. 2014. Proceso de secado por charolas y liofilización de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). Tesis de grado de maestría. Instituto Tecnológico de Orizaba. México.
13. Orrego. A. C. E. 2008. Congelación y liofilización de alimentos. Editorial Artes gráficas Tizan Ltda. Manizales. Colombia.
14. Reyes, A., Vega, R., Bustos, R. & Araneda, C. 2008. Effect of processing conditions on drying kinetics and particle microstructure of carrot. *Drying Technology*, 26(10):1272-1285.
15. Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP), 2013. Consultado en <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>
16. Umaña, C.E. 2007. Conservación de alimentos por frío, refrigeración/congelación. Editorial FIAGRO Y FUSADES PROINNOVA. El Salvador.
17. Wang, R., Zhang, M. & Mujumdar, A.S. 2010. Effects of vacuum and microwave freeze drying on microstructure and quality of potato slices. *Journal of food Engineering*, 101 (2010): 131-139.

Efecto de la Localización del Control de Temperatura sobre el Destilado en una CPD

L.A. Medina Rodríguez, G.R. Urrea García, E. Bolaños Reynoso, Y.S. Pliego Bravo
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba
Av. Instituto Tecnológico de No. 852, C.P. 94320, Orizaba, Ver. México
e-mail: itorizaba@hotmail.com
Teléfono: (272) 7257056 ext. 104
Área de Participación: Ingeniería Química

Resumen

En este trabajo se estudia el efecto que tiene la posición de un lazo secundario de control de temperatura sobre el desempeño en una estructura para el control de la composición del destilado de una Columna de Pared Divisoria (CPD). Los resultados muestran que con la localización adecuada del controlador secundario es posible mantener una pureza del destilado cercana al valor deseado aún bajo perturbaciones en la composición de alimentación. La metodología de diseño backstepping fundamenta las estructuras de control en cascada temperatura-temperatura y se puede extender para incluir múltiples lazos de temperatura. De esta forma, los resultados de este trabajo representan un primer paso hacia la obtención de un procedimiento sistemático para el diseño de estructuras de control basadas en múltiples mediciones de temperatura que permitiría unificar algunas aportaciones recientes en el control de la composición de los productos de las CPD.

Palabras clave: Columna, destilación, control, perturbaciones

Abstract

In this work the effect that the position of a secondary loop temperature control on the performance of a structure for controlling the composition of the distillate from a dividing wall column (DWC) is studied. The results show that with the proper location of the secondary controller can maintain purity distillate close to the desired value even under disturbances in the feed composition. Backstepping design methodology based structures cascade control temperature-temperature can be extended to include multiple temperature loops. Thus, the results of this study represent a first step towards obtaining a systematic procedure for designing control structures based on multiple temperature measurements that would unify some recent contributions in controlling the composition of the products of DWC.

Introducción

Para la separación de mezclas multicomponentes a menudo se utiliza una secuencia de columnas de destilación. Para el caso de la separación de una mezcla ternaria se necesitan dos columnas, ya sea en secuencia directa o indirecta. Una configuración alternativa energéticamente favorable se muestra en la Figura 1a. A este tipo de configuración se le conoce como columna de destilación Petlyuk y en ella las corrientes de vapor y líquido que salen de la primera columna están conectadas directamente con la segunda columna. La mejora de la eficiencia térmica se debe a que se evita el efecto innecesario de remezclado, lo que conduce un ahorro considerable de energía de aproximadamente el 30% (Schultz y col., 2002) en comparación con las secuencias directa o indirecta convencionales. Aunque la estructura de columna de destilación Petlyuk tiene ciertas ventajas mencionadas anteriormente, también tiene algunos retos en el diseño y la operación. Una configuración alternativa para el prefractionador acoplado térmicamente que utiliza una única carcasa con una partición vertical que divide la sección central de la carcasa en dos partes es conocida como Columna de Pared Divisoria (CPD) y se ilustra en la Figura 1b. Esta configuración es comercialmente atractiva sobre la columna de destilación Petlyuk debido a su mejor operatividad.

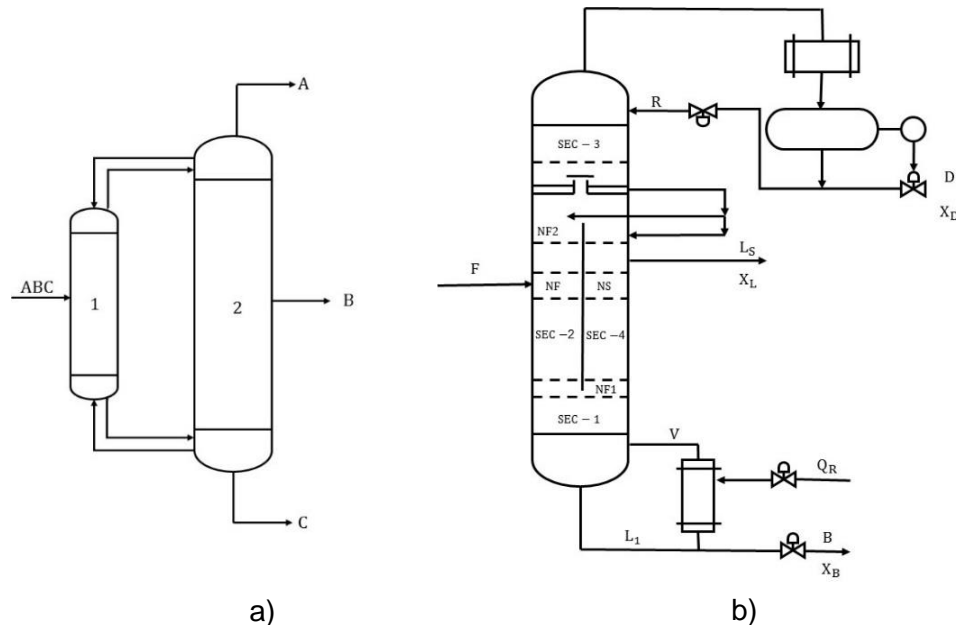


Figura 1. Columna Petlyuk (a) Columna de pared divisoria (CPD) (b)

La aplicación de las columnas de pared divisoria no es muy amplia en la industria química y petroquímica. La razón principal reside esencialmente en la falta de conocimiento sobre la dinámica del proceso y su controlabilidad (Abdul Mutalib y col., 1998a; Abdul Mutalib y col., 1998b; Serra col., 2003). Recientemente se ha visto un mayor esfuerzo en estos aspectos y han sido publicados un mayor número de artículos sobre la dinámica, control y operación de las columnas de pared divisoria (Rodríguez y Chinae, 2012).

Debido a que las mediciones de temperatura suelen ser más sensibles y económicas que las de composición, se han propuesto esquemas de control inferencial con estas mediciones. En 1969 Luyben propone una técnica para controlar la composición del producto de una columna de destilación mediante el control de la diferencia entre dos diferencias de temperatura (ΔT) en la columna. Planteado como un esquema de control efectivo para una variedad de perturbaciones en diferentes condiciones de operación tales como perturbaciones en la tasa de alimentación y en las composiciones de alimentación, logrando un mejor funcionamiento con base en que se cancelen los cambios en la caída de presión si los dos (ΔT) se toman en la misma sección de la columna donde se ven los mismos cambios en las cargas de vapor y líquido. En 1996, Skogestad y Wolff presentan ejemplos de la aplicación del control en cascada para columnas de destilación enfocándose a cuantificar las mejoras en la interacción y en el rechazo a las perturbaciones y proporcionan algunas expresiones analíticas para la ganancia del controlador secundario. Shin y col. (2000) proponen un observador que usa mediciones de las temperaturas de los platos en lugar de las composiciones. Ling y Luyben (2010) hicieron intentos para controlar la composición de manera indirecta para la operación de la DWC y estos incluyen estructuras para el control de temperatura (TC) y control de diferencia de temperatura (TDC). Luan y col. (2013) propusieron una estructura de control de diferencia de temperatura simple (STDC), que consta de dos temperaturas y dos lazos de control de diferencia de temperatura.

El control en cascada aplicado a columnas de destilación posee propiedades de robustez que aún no queda del todo claras, sin embargo, Álvarez-Ramírez y col. (2002) utilizaron el enfoque backstepping-pasivación en donde demuestran que la naturaleza del diseño de control en cascada de la composición en una columna de destilación se aclara bajo estos términos, además de que las extensiones sistemáticas para la configuración del control multicascada se obtienen como una consecuencia natural de este mismo diseño. Estos investigadores utilizaron un control en cascada composición-temperatura, sin embargo en el control de la composición por medio de la medición de la composición suele presentar ciertas dificultades prácticas.

Trabajos previos como los de Matla-González y col. (2013) y Castellanos-Sahagún y Álvarez (2013) utilizaron controles en cascada temperatura-temperatura para controlar indirectamente la pureza de los productos. Los primeros investigadores las aplican a una columna Petlyuk que consistieron de modelos lineales entrada-salidas mostrando propiedades interesantes de estabilidad y desempeño durante periodos de tiempo prolongados ante perturbaciones en la composición de la alimentación. Los segundos investigadores las aplicaron a una columna de destilación binaria utilizando una combinación de la teoría de control constructiva no lineal con pasivación y nociones de observabilidad.

En este trabajo se utiliza la medición de la temperatura para el control de la composición para diseñar controles en cascada temperatura-temperatura bajo el principio backstepping para la sección de rectificación (SEC-3) de una columna de pared divisoria evaluando el efecto de la localización de la medición de temperatura sobre el desempeño del controlador, utilizando como variable manipulada la tasa de reflujo.

Metodología

Simulación Dinámica del sistema

El comportamiento dinámico de la columna de pared divisoria (CPD) está basado en la solución de un modelo dinámico obtenido mediante balances de materia y energía por componente en cada plato así como, en relaciones termodinámicas. El modelo está constituido por el siguiente conjunto de ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) y ecuaciones algebraicas por cada etapa de la columna: NC-1 ecuaciones de continuidad por componente, 1 ecuación de continuidad total, 1 ecuación de balance de energía, 1 relación hidráulica para obtener las tasas de flujo de líquido en cada bandeja, 1 ecuación para obtener la densidad del líquido, 2 ecuaciones para obtener la entalpía (de líquido y vapor); NC relaciones de equilibrio líquido-vapor. Para la CPD considerada en este trabajo, el modelo resultante está formado por un total de 280 EDOs y 490 ecuaciones algebraicas. El conjunto de ecuaciones diferenciales ordinarias se resolvió utilizando el algoritmo Runge-Kutta de 4° orden.

Descripción del sistema

Como caso de estudio se considera la separación de una mezcla de benceno (B), tolueno (T) y o-xileno (X) la cual presenta una composición de alimentación de 30/30/40 % mol respectivamente y que se desea separar alcanzando una pureza individual del 99% molar en las corrientes del destilado, intermedio y fondo. La Tabla 1 muestra las condiciones de operación y las especificaciones de diseño necesarias para la solución del modelo. La descripción detallada del modelo para el caso de la columna Petlyuk se presenta en el trabajo previo (Matla-González y col., 2013). Se puede aplicar el mismo modelo para la CPD, considerando la disminución de tamaño en las etapas intermedias de la columna (secciones 2 y 4), que son menores que las secciones 1 y 3, como se observa en la Figura 1b.

Caracterización del comportamiento dinámico

Se realizaron cambios escalón de $\pm 1\%$ en la tasa de reflujo (R). Las respuestas de la temperatura en las etapas seleccionadas se aproximaron como un modelo de primer orden más tiempo muerto (POMTM), el cual se caracteriza por tres parámetros de: ganancia (K), tiempo muerto (θ) y la constante de tiempo (τ). Enseguida se formaron las funciones de transferencia que caracterizan las respuestas de las temperaturas de la sección SEC - 3 de la CPD a los cambios en la tasa de reflujo correspondiente a la variable manipulada. Estas funciones de transferencia se utilizaron para diseñar los cuatro controladores en cascada para observar y comparar el efecto de la localización del control de temperatura en un lazo secundario de la SEC -3 de la CPD.

Para el diseño del controlador primario se obtuvieron de las funciones de transferencia para la respuesta de la temperatura del plato 44 a los cambios en las temperaturas T_{43} , T_{42} , T_{40} , T_{39} . Estas funciones de transferencia se aproximaron a partir de la Ec. 1:

$$\frac{T_{44}}{T_r} = \frac{T_{44}}{R} = G_{T_r, T_{44}} = \frac{\frac{K_{R, T_{44}}}{\tau_{R, T_{44}} s + 1} \exp(-\theta_{R, T_{44}} s)}{\frac{K_{R, T_r}}{\tau_{R, T_r} s + 1} \exp(-\theta_{R, T_r} s)} = K_{T_r, T_{44}} \left(\frac{\tau_{R, T_r} s + 1}{\tau_{R, T_{44}} s + 1} \right) \exp(-\theta_{T_r, T_{44}} s) \quad (1)$$

Tabla 1. Parámetros de la columna

Parámetros	Mezcla BTX
Número de componentes	3
Fracción de retorno de liquido (β)	0.322
Fracción de retorno de vapor (α)	0.631
Prefraccionador (SEC 2)	
Numero de etapas	24
Etapas de alimentación	13
Flujo de Alimentación, kmol/s	1
Diámetro, m	5.63
Columna Principal	
Numero de platos	44
Etapas de alimentación de liquido	12
Etapas de alimentación de vapor	37
Etapas de salida de la corriente lateral	25
Diámetro SEC 1 y 3, m	7.23
Diámetro SEC 4, m	4.53
Tasa de reflujo, kmol/s	0.6672
Presión en fondo, kPa	67.89
Presión en el domo, kPa	37.49
Entrada de calor al rehedividor, 10^6 kJ/hr	127.24
Eficiencia de la etapa, %	100

donde T_r puede ser T_{43} , T_{42} , T_{40} o T_{39} . El controlador secundario se diseñó utilizando su correspondiente función de transferencia $G_{T_{43}, R}$, $G_{T_{42}, R}$, $G_{T_{40}, R}$ y $G_{T_{39}, R}$.

Diseño del controlador

Para el diseño del controlador se emplearon los pasos del método de sintonizado de Internal Model Control (Skogestad, 2003). Para un controlador PI, estos parámetros son la ganancia del controlador K_c , y la constante de tiempo integral τ_I . Estos pasos para la sintonización son reglas analíticas relativamente sencillas usadas para el cálculo de los parámetros del controlador en acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$K_c = \frac{1}{K} \frac{\tau_1}{2\theta} \quad \tau_I = \min(\tau_1, 8\theta)$$

donde K , τ_1 y θ son la ganancia del proceso, la constante de tiempo y el tiempo muerto respectivamente, obtenidas en la caracterización del comportamiento dinámico.

Implementación de la estructura de control diseñada y evaluación del desempeño de control usando simulación

La estructura de control de control propuesta está basada en mediciones de temperatura para controlar las composiciones de los productos, es decir, se mantiene constante la temperatura de ciertas etapas mediante ajustes en la variable manipulada. La tasa de reflujo se utiliza para regular la temperatura de una etapa seleccionada en la parte superior de la columna que controle indirectamente la pureza del benceno en el destilado. A partir de la Ec. 1 se calcularon los parámetros para la sintonización del controlador primario el cual será de tipo Proporcional-Integral (PI) y funciona bajo la expresión descrita en la Ec. 2:

$$T_{r,ref} = T_{r,nom} + K_c \left(e_{T_{44}} + \frac{1}{\tau_1} \int_0^t e_{T_{44}} dt \right) \tag{2}$$

donde $e_{T_{44}} = T_{44,ref} - T_{44}(t)$ es el error de la temperatura en el plato 44 (domo).

El controlador secundario es del tipo PI funcionando bajo la expresión descrita en la Ec. 3, donde el error se calcula mediante la diferencia de temperaturas descritas en la Ec. 4.

$$R = \bar{R}_{nom} + K_c \left(e_{T_r} + \frac{1}{\tau_1} \int_0^t e_{T_r} dt \right) \tag{3}$$

$$e_{T_r} = T_{r,ref} - T(t) \tag{4}$$

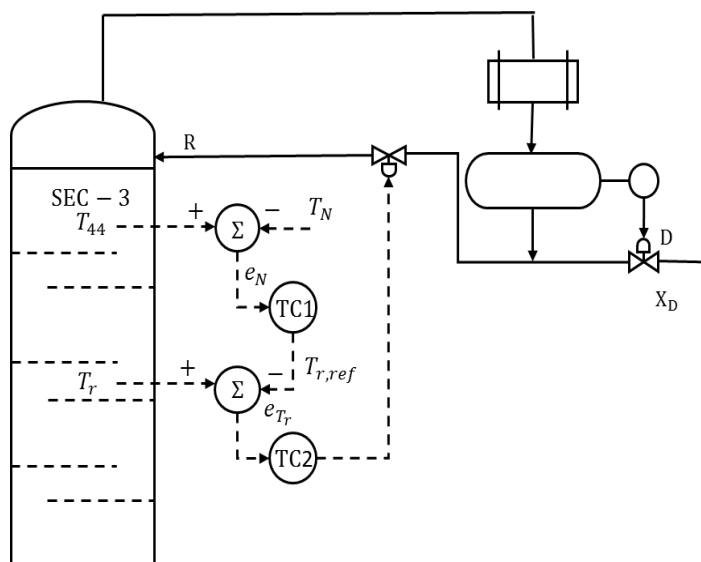


Figura 2. Estructura de control backstepping en la sección de rectificación

Las estructura de control final, que muestran los lazos de control cerrados, están representadas en la Figura 2. Para evaluar el desempeño de la estructura de control propuesta se introdujeron al sistema una serie de perturbaciones en la composición de la alimentación, a fin de observar la respuesta del controlador en la regulación de las temperaturas de los platos seleccionados que indirectamente controlan las composiciones de los productos finales. Para productos de alta pureza, es deseable mantener constante la temperatura en etapas muy cercanas a las corrientes de producto (es decir, destilado, corriente lateral y de fondo). Sin embargo, estas etapas a menudo presentan alta sensibilidad a las variables manipuladas como la tasa de reflujo, corriente lateral y tasa de calor.

Para determinar cuál de las estructuras de control es la que mejor regula la composición del destilado se evaluó el desempeño de cada estructura mediante la integral del error en función del tiempo con respecto a la temperatura y la composición utilizando la Ec. 5 y 6.

$$IAET = \int_0^t [T_{44,ref} - T_{44}(t)] dt = \int_0^t e_{T_{44}} dt \tag{5}$$

$$IAEC = \int_0^t [0.99 - X_D(t)] dt = \int_0^t e_{X_D} dt \tag{6}$$

Resultados y discusión

En esta sección se presentan los resultados de la implementación de estructuras de control en cascada basada en mediciones de temperatura para la separación de la mezcla benceno, tolueno y o-xileno. Se presentan los parámetros y caracterización del comportamiento dinámico de la columna de pared divisoria mediante un cambio escalón en la variable manipulada (tasa de reflujo), se evaluó el efecto de la misma sobre la temperatura de los platos y sobre la composición de los productos y se estudia el efecto de la localización de la medición de temperatura sobre la capacidad de regulación de una estructura de control en presencia de perturbaciones en la composición de la alimentación.

En la Tabla 2 se muestran las funciones de transferencia en el dominio de Laplace que caracterizan las respuestas de las temperaturas a los cambios en la tasa de reflujo.

Se procedió al diseño del controlador en cascada de acuerdo al procedimiento descrito en la sección anterior. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3 para los cuatro lazos de control, los cuales regulan la temperatura de los platos mediante controladores simples tipo PI.

Tabla 2. Funciones de transferencia

		Variable de Entrada (R)
Variable Salida	T_{44}	$\frac{T_{44}}{R} = G_{T_{44},R}(s) = \frac{(-0.02093)e^{0.87200s}}{10.25866s + 1}$
	T_{43}	$\frac{T_{43}}{R} = G_{T_{43},R}(s) = \frac{(-0.04459)e^{0.76453s}}{10.37497s + 1}$
	T_{42}	$\frac{T_{42}}{R} = G_{T_{42},R}(s) = \frac{(-0.80218)e^{0.63454s}}{10.61889s + 1}$
	T_{40}	$\frac{T_{40}}{R} = G_{T_{40},R}(s) = \frac{(-0.15898)e^{0.34710s}}{12.09342s + 1}$
	T_{39}	$\frac{T_{39}}{R} = G_{T_{39},R}(s) = \frac{(-0.17484)e^{0.22961s}}{13.52288s + 1}$

Tabla 3. Parámetros del controlador usando los pasos de IMC

Control en Cascada	Controlador Primario		Controlador secundario	
	K_c ($^{\circ}F/(Btu/h)^{-1}$)	τ_I (h)	K_c ($^{\circ}F^{-1}$)	τ_I (h)
$T_{44} - T_{43}$	0.46935	15.44615	-152.16144	6.11624
$T_{44} - T_{42}$	0.26090	15.56811	-104.30763	5.07632
$T_{44} - T_{40}$	0.13164	16.30537	-109.57497	2.7768
$T_{44} - T_{39}$	0.11970	17.02010	-168.41651	1.83688

Se introdujeron una serie de perturbaciones en la composición de la alimentación para analizar el comportamiento de cada una de las estructuras de control a lazo cerrado, dichas perturbaciones se describen en la Tabla 4. El introducir una serie de perturbaciones en un periodo largo de simulación es importante para observar que sea estable la estructura o que no presente periodos oscilatorios después de un tiempo de simulación así como también saturación de los controladores.

Tabla 4. Perturbaciones en el sistema para cada estructura de control en cascada

	Perturbación 1	Perturbación 2	Perturbación 3
Tiempo, h	20	60	100
Composición en la alimentación, %mol	30/35/35	30/30/40	35/30/35

En la Figura 3 se muestra la respuesta de las tres estructuras que presentan el mejor comportamiento de la

composición del benceno, se puede observar que a pesar de las perturbaciones la composición se mantiene dentro de los rangos deseados (por arriba de 98.9% de pureza), frente a la tercera perturbación la pureza del benceno sufre un descenso, sin embargo se estabiliza por encima de 98%, el cual resulta aceptable.

En la Figura 4 se presenta la respuesta de la tasa de reflujo y se observa que logra alcanzar nuevamente un estado estacionario a pesar de las perturbaciones.

En la Tabla 5 se muestran los resultados de las integrales del error absoluto de la temperatura (IAET) y la composición (IAEC). En ella se observa que la estructura ECC T44-T42 y ECC T44-T40 fueron las que presentan mejores desempeños.

Tabla 5. Integral del error de la temperatura y la composición

Control en Cascada	IAET	IAEC
ECC T ₄₄ – T ₄₃	110.8929	1.2263
ECC T ₄₄ – T ₄₂	4.343833	0.0640
ECC T ₄₄ – T ₄₀	10.72864	0.1139
ECC T ₄₄ – T ₃₉	17.01379	0.15615

En la Figura 5 se muestran las respuestas de las temperaturas de las estructuras ECC T44-T42 y ECC T44-T40, en dicha figura se observa que: 1) el tiempo de respuesta en la estructura ECCT44-T42 presenta mayores oscilaciones que la estructura ECC T44-T40 y a pesar de ello el desempeño del controlador es mejor que la estructura ECC T44-T40 ; 2) En ambas estructuras después de la tercera perturbación la temperatura T₄₄ se desvía unas décimas de grados del valor original pero aun alcanzan el estado estacionario después de esta última perturbación mostrando un desempeño adecuado.

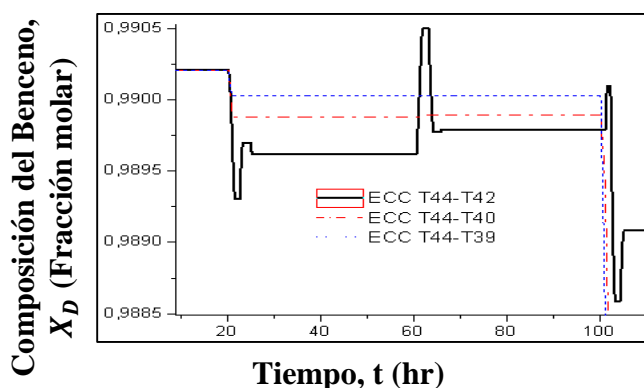


Figura 3. Comportamiento de la composición del benceno ante perturbaciones en la composición de alimentación

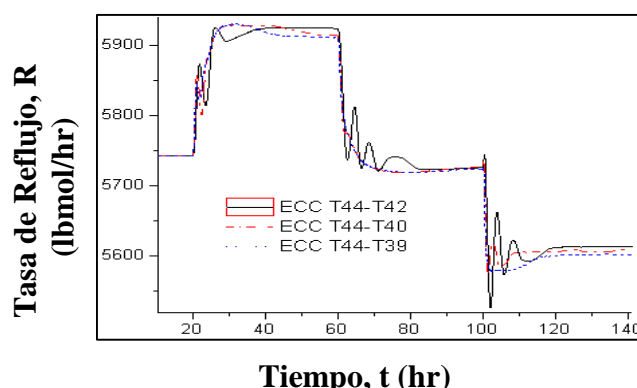


Figura 4. Respuesta de la tasa de reflujo ante perturbaciones en la composición de alimentación

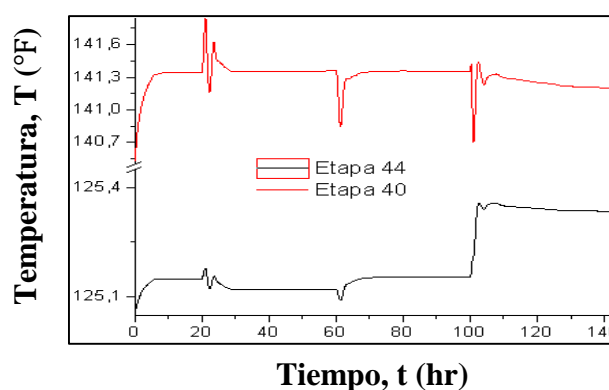
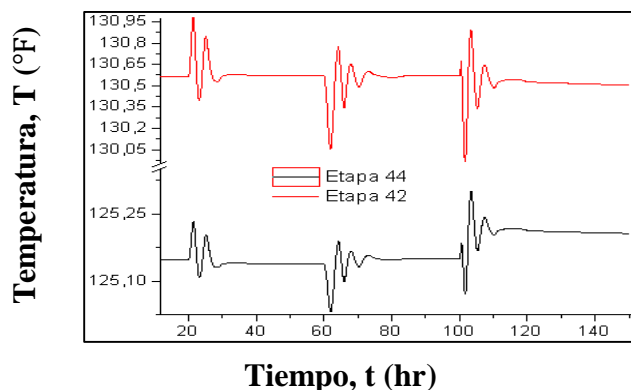


Figura 5. Respuesta de la temperatura de las diferentes etapas seleccionadas en la estructura de control en cascada

Conclusiones

Utilizando el principio backstepping en cascada, donde se tomó como referencia la temperatura de la etapa 44 (domo), correspondiente al controlador primario y seleccionando diferentes etapas inferiores a esta última (etapa 43, 42, 40, 39), en donde se localizaron los controladores secundarios para la medición sus temperaturas correspondientes, como una medida indirecta de la composición reguladas por la tasa de reflujo, se pudo observar que su posicionamiento tiene un efecto significativo en el control de la composición del benceno. El empleo de estos controladores en ciertas etapas de la parte de rectificación permite mantener la composición del benceno por arriba del 98.9% de pureza, frente a perturbaciones en la composición de la alimentación. De los resultados también puede observarse que el tiempo de respuesta presenta mayores oscilaciones conforme el controlador secundario se va localizando en etapas superiores de la columna de pared divisoria en estudio, llegándose a alcanzar la estabilidad de las temperaturas.

Referencias

1. Abdul Mutalib M. I., Smith R., 1998a. Operation and control of dividing wall columns part 1: degree of freedom and dynamic simulation. *Transaction of the Institution Chemical Engineers* 76, part A, 308-318.
2. Abdul Mutalib M. I., Zeglam A. O., Smith R., 1998b. Operation and control of dividing wall columns part 2: simulation and pilot plant studies using temperature control. *Transaction of the Institution Chemical Engineers* 76, part A, 319-334.
3. Castellanos-Sahagún y Álvarez J., 2013. Temperature-Temperature cascade control of binary batch distillation columns. 17-19 Julio. Zürich, Switzerland: *European Control Conference*.
4. Ling H., Luyben W. L., 2010. Temperature control of the BTX divided- wall column. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 49 (1), 189-203.
5. Luan S., Huang K., Wang Y., Wu Ning., 2013. Operation of dividing wall columns.1. A simplified temperature difference control scheme. *Industrial and Engineering Chemistry Research* (52), 2642-2660.
6. Luyben W. L., 1969. Feedback control of distillation columns by double differential temperature control. *Ind. Eng. Chem. Fundam.* 8 (4), 739.
7. Luyben, W.L. 1990. Process modeling, simulation and control for chemical engineers. Ed McGraw-Hill, USA. 2a Edición.
8. Matla-González D., Urrea-García G., Alvarez-Ramirez J., Bolaños-Reynoso E., Luna-Solano G., 2013. Simulation and control based on temperature measurements for Petlyuk distillation columns. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering* 8(6), 880-894.
9. Shin, J., Seo, H., Han, M., Park, S., 2000. A nonlinear profile observer using tray temperatures for high-purity binary distillation columns. *Chem. Eng. Sci.* 55, 807.
10. Schultz, M.A., Stewart, D.G., Harris, J.M., Rosenblum, S.P., Shakur, M. S., O'Brien, D., 2002. Reduce Costs with Dividing-Wall Columns. CEP May0 2002, www.cepmagazine.org, 64-71.
11. Serra M., Perrier M., Espuña A., Puigjaner L., 2003. Controllability of different multicomponent distillation Arrangements. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 42, 1773 - 1782.
12. Skogestad S., 2003. Simple analytic rules for model reduction and PID controller tuning. *Journal process control* 13, 291-309.
13. Skogestad S. y Wolff E. A., 1996. Temperature cascade control of distillation. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 35, 475-484.
14. Rodríguez Hernández, M., Chinea-Herranz, J. A., 2012. Decentralized control and identified-model predictive control of divided wall columns. *Journal of Process Control* 22 (9), 1582-1592.

SINCRONIZACION DE SISTEMAS PARALELOS DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICION DE DATOS (SCADA) EN UN CRISTALIZADOR

Anselmo Osorio Mirón, Elisa García Vargas, María Soledad Díaz Sánchez, Mariela Cortés Flores, Manuel de Jesús Macías Hernández.

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Prolongación Oriente 6 No. 1009,
Col. Rafael Alvarado, C.P. 94340 Orizaba, Veracruz, México.
E-mail: aom_posgrado@hotmail.com
Ingeniería Química

Resumen

En este artículo se presenta la sincronización de un sistema de adquisición de datos, SCADA, como se muestra en la figura 1, construido a partir de instrumentación industrial OPTO22, utilizando el protocolo de red TCP/IP en un equipo piloto de evaporación-cristalización al vacío. La automatización del equipo piloto se basa en instrumentos ENDRESS+HAUSER y dispositivos de control industrial OPTO22. Se dispone de un sistema de control regulatorio de temperatura al interior del evaporador cristalizador mediante la manipulación del flujo de vapor de calentamiento a través de una válvula solenoide. Se instalaron sensores de presión de vacío y de presión al interior de la camisa de calentamiento, así como, un sensor de la temperatura del interior del equipo de proceso. A su vez, se tiene un sistema de agitación que incluye un variador de velocidad para ajustar la agitación de la masa cocida desde una interfaz gráfica al usuario.

Palabras clave: Control, OPTO, Supervisorio

SYNCHRONIZATION OF PARALLEL SYSTEMS OF SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION (SCADA) VIA INTERNET IN A VACUUM CRYSTALLIZER

Abstract

In this paper is present the synchronization of a supervisory control and data acquisition system (scada) based on OPTO22 industrial instrumentation, using TCP/IP communication protocol in a pilot equipment of vacuum evaporation-crystallization. Automation of pilot equipment is based upon ENDRESS+HAUSER instruments and OPTO22 industrial control devices. A temperature regulatory control was designed for inside of evaporator-crystallizer by manipulating the heating steam flowrate through a solenoid valve. It was installed vacuum pressure and heating jacket pressure sensors. It was also installed a temperature sensor inside of evaporation crystallization equipment. Furthermore, it has a stirring system that includes a velocity variator to adjust the masecuite move from a computing graphic interface to user.

Introducción

La cristalización es una operación unitaria que la formación de partículas y su purificación, este procedimiento es atractivo para muchos procesos. La cristalización del azúcar en un proceso por lotes se lleva a cabo en un reactor batch vertical de vacío, que funciona como un evaporador de un solo efecto calentado por vapor que se condensa en el interior de la chaqueta; el equipo cuenta con un agitador que acciona a través de un motor para mejorar el mezclado y para que la masa cristalizada tenga una mejor uniformidad. El objetivo de proceso de evaporación en el reactor es para convertir azúcar disuelto en cristales con el tamaño y forma deseada.

La grado de solubilidad esta función de la temperatura y en menor grado los cambios de presión. La sobresaturación en el reactor de vacío es alcanzada por un enfriamiento de la evaporación adiabática, cuando la solución tiene una concentración mayor que la concentración de saturación. Los cambios en la saturación dependen de la concentración que puede ocurrir durante el enfriamiento de la solución. Estas zonas están limitadas por las líneas de equilibrio y de nucleación. En la zona metaestable la sobresaturación no es lo suficientemente alta para permitir la nucleación espontánea. En una situación práctica, la operación del proceso en la zona metaestable es muy difícil, porque no es posible medir con facilidad la concentración de la solución durante el proceso de cristalización. Así pues, para determinar una temperatura adecuada de solución para una concentración específica es compleja. El control de la temperatura de la solución por sí misma es escasa; cuando la temperatura sube drásticamente debido a un grado amplio de refrigeración adiabática, el proceso se vuelve incontrolable. (Lang *et al.*, 2009). El enfriamiento de la evaporación adiabática del cristalizador se ajusta por manipulación de la presión de vacío en el interior del

cristalizador y la tasa de agitación, en rpm, a través de un interfaz gráfico computacional y un mecanismo de variación de frecuencia y un motor eléctrico. El caudal de vapor de calentamiento es medido por medio de una válvula solenoide para mantener constante la temperatura dentro de los equipos, a fin de obtener ahorro de energía y conservar las características de funcionamiento en equipos industriales. En la actualidad, la elaboración de azúcar de la caña de tiene altos costos de operación, por lo que, es necesaria la optimización y modernización de la industrialización de subproductos de azúcar, para que las economías de azúcar sean más rentables (Aguilar *et al.*, 2005). El desarrollo de las tecnologías a bajo costo para la medición de las variables de proceso permite llevar a cabo el análisis dinámico para optimizar las condiciones de operación por medio de algoritmos de estimación y detección de fallas. Dado que los componentes electrónicos y mecánicos de los sistemas de medición en la actualidad, son fabricados por varios marcas, es difícil encontrar el software para conducir un proceso particular y compensar varios equipos de proceso, por lo que, es necesario elaborar programas informáticos a medida de las necesidades de desarrolladores de procesos (Balderas *et al.*, 2008). El Opto 22, es un software que se utiliza en la automatización de procesos, su programación es simple y permite realizar interfaces gráficas para representar los dispositivos de control y procesos de entorno virtual para realizar trabajos específicos en el equipo de proceso (Monge, 2010).

En varias industrias el proceso se ha automatizado y controlado por los equipos de fábrica mediante el Opto 22, como la fábrica de azúcar del Plan de Ayala, SLP, México, buscando la optimización del proceso de producción automatizada de la operación de las calderas de vapor, sistema de enfriamiento, refinación y horno de carbón, con dispositivos modulares para el crecimiento lentamente durante los tiempos de mantenimiento en la fábrica (Monge, 2010).

En este trabajo se presenta la automatización de proceso de evaporación-cristalización de la caña de azúcar usando el software *FactoryFloor* de Opto 22 como se puede observar en la Figura 1. La aplicación del sistema de supervisión y control y la adquisición de datos y control de supervisión diseñada y construida, se lleva a cabo en corridas experimentales a evaporarse y a cristalizar las presentes soluciones son preparadas a base de sacarosa en soluciones de caña de azúcar en concentraciones particulares (López *et al.*, 2008).

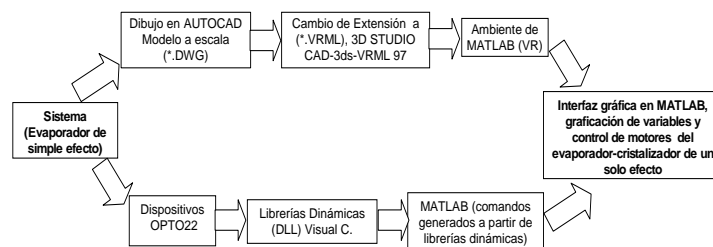


Figura 1: Esquema a bloques para el sistema SCADA paralelo.

Se presenta la automatización de proceso de evaporación-cristalización de la caña de azúcar usando el software *FactoryFloor* de Opto 22 como se puede observar en la Figura 2. La aplicación del sistema de supervisión y control y la adquisición de datos y control de supervisión diseñada y construida, se lleva a cabo en corridas experimentales a evaporarse y a cristalizar las presentes soluciones son preparadas a base de sacarosa en soluciones de caña de azúcar en concentraciones particulares (López *et al.*, 2008).

Metodología

El sistema de evaporación-cristalización a escala de planta piloto está compuesto por un reactor batch vertical de acero inoxidable con una capacidad total de 80 L, provisto de camisa de calentamiento. Los equipos periféricos son bomba de vacío, condensador, bomba de sello de agua y enfriamiento, sistema de agitación con variador de velocidad, tanque para el sello de agua y la recirculación de enfriamiento. En la figura 1, se muestra el piloto evaporador-cristalizador, se describen los componentes del sistema. Cuenta con una caldera de vapor de 10 psi. Su funcionamiento está vacío entorno 0.4 bar. Presión de vapor de calefacción es ambiental 0.9 kg / cm². Presión de diseño en la chaqueta es de 1,4 kg / cm². La temperatura dentro del pecho de evaporación es constante a 70 ° C



Figure 2: Evaporador-cristalizador escala planta piloto.

Sistema de vigilancia y control (SCADA)

Variables tales como la temperatura de evaporación del pecho, presión de vacío y presión de vapor en la chaqueta de calentamiento, se miden a través de sensores tipo RTD Pt100, presión absoluta y transmisores de presión del manómetro de sílice respectivamente. El equipo necesario para configurar el seguimiento y control de la temperatura en el sistema de evaporación-cristalización está constituido por un (Controlador de Automatización Programable) PAC, fuente de alimentación, cerebro, encajando hasta módulos de señal y una computadora personal (PC) y / o del ordenador portátil (Villegas et al., 2008). En la Figura 3 y 4, se muestra el esquema de conexión de instrumentos (Calvo, 2010). Marcas de PAC, el modelo M4, es Opto22, así como el cerebro y el accesorio hasta módulos de señales, SNAP ETHERNET I / O, que están acoplados a los sensores para la medición de variables de proceso.

Con el SNAP ETHERNET E / S es posible conectar varios dispositivos eléctricos y mecánicos, tales como indicadores de temperatura y sensores de presión, motores y dispositivo serie en un ordenador, utilizando redes Ethernet estándar, inalámbricas o Internet. El SNAP-B3000-ENET, que se mostró en la figura 4, tiene como características principales las siguientes protocolos de comunicación: SNMP PROTOCOLO MODBUS / TCP, IEEE 1394, FTP, TCP / IP, RS232. Estos dispositivos de varias gamas y completos, y los programas son para la automatización industrial y monitoreo remoto que permiten la aplicación en cualquier nivel, desde los relés de estado sólido para integrar totalmente los sistemas de control

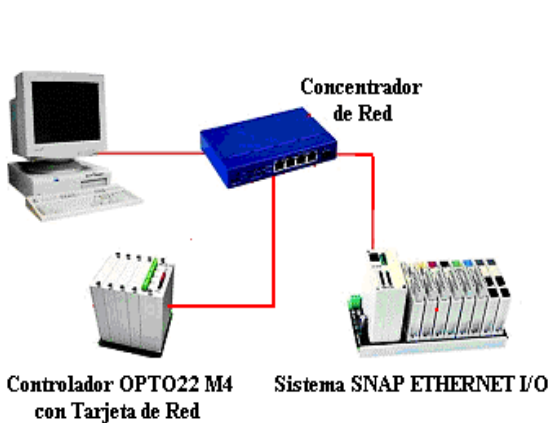


Figura 3: Arquitectura del sistema de adquisición de datos (SCADA).

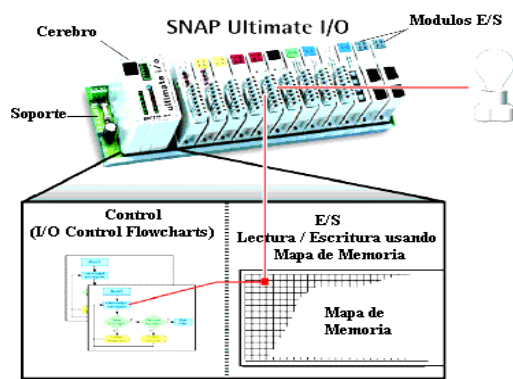


Figura 4: Dispositivo SNAP-B3000-ENET

Estrategia de control

En la figura 5, se mostró el gráfico puesta en marcha de la estrategia de control, donde se expresa la relación entre variables de proceso, sensores, indicadores y controles. La programación de computadora de la estrategia de control

se deben observar las necesidades establecidas y que se explica a continuación. el variador de velocidad debe ser ajustado por el operador a través de variador de frecuencia, llamado SI 100; presión del proceso en el interior debe medirse por el transmisor de presión absoluta y el valor numérico se mostró en el instrumento PI-100; estado de la válvula solenoide S, depende de, si la presión detectada por PIC-101 (camisa de calefacción) es menor que el valor requerido y que la temperatura del proceso señalado por TIC-100 no es más grande que el valor de conjunto, entonces S debe ser abierto, en caso de que esta condición no se cumple, el relé Y, cerrar la válvula de S.

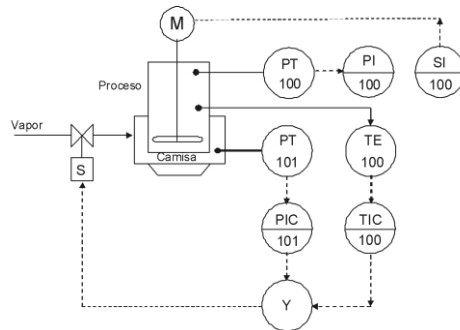


Figura 5: Estrategia de control en el proceso de evaporación-cristalización

Sistema SCADA de Opto 22

En la figura 6, es mostrar la interfaz gráfica construida con bloques *OptoDisplay* de software *Factory Floor* esto es resultado de la estrategia establecida en la figura 5. La interfaz de operación es la ventana principal para operar el evaporador-cristalizador. El usuario debe seguir un procedimiento para la manipulación de equipos a través de la opción *OptoDisplay Runtime*. La recepción en el PC está abierto para todos los programas, y es seguir la secuencia OPTO 22 - *FactoryFloor* R4.1 - *OptoDisplay Runtime*.

El programa desarrollado permite representar a través de una interfaz gráfica el esquema del equipo de evaporación-cristalización, en la figura 6 se observa que el usuario tiene bajo el control de las operaciones de, encender las bombas de agua de sello y de vacío, así como el agitador. Además, permite realizar un seguimiento de la evolución gráfica de las variables principales y para capturar los datos de temperatura en el interior del cristalizador, así como presión de vacío y presión de vapor en la chaqueta de calentamiento. En la esquina inferior izquierda de la interfaz de la operación y el control puede ser acelerar los gráficos que permiten seguir el comportamiento de las variables de proceso.

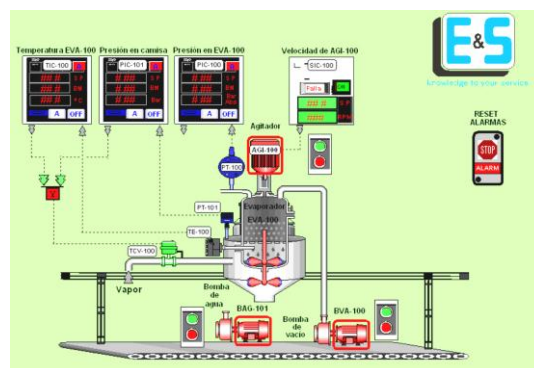


Figure 6: Operación de la interface del evaporador-cristalizador

Sistema paralelo de adquisición de datos (SCADA).

Sistema de adquisición de datos está diseñado desde OPTO instrumentación industrial 22, utilizando el protocolo TCP / IP en la red de equipos piloto del vacío de la evaporación-cristalización. Para llevar a cabo la construcción, se empieza a diseñar el equipo de proceso en AUTOCAD, que después se convierte en la extensión de MATLAB (VRML). Matlab es una interfaz que permite ejecutar funciones gráficas, para realizar el control de evaporador-cristalizador (encendido-apagado, en una primera etapa) y desarrollador de la animación del mundo virtual generado. El modelo de evaporador-cristalizador se dibujó en AUTOCAD a escala con medidas reales del equipo piloto, con el objetivo de generar un mundo virtual como a la realidad. La adquisición de datos de los instrumentos Opto22 se lleva a cabo a través de *Ethernet* utilizando el protocolo de comunicación TCP / IP, por medio de comandos de Matlab creado a partir de bibliotecas dinámicas.

Resultados Y Discusión

Operación del evaporador-cristalizador y el sistema SCADA de OPTO 22

Durante la ejecución, se fijan las condiciones de operación y se ajustan los set point en cada instrumento virtual (PIC-100, PIC-101, y TIC-100), así como la velocidad de agitación. Se inicia el arranque y paro de los motores de las bombas de vacío y de agua de sello/enfriamiento. El transmisor de presión, PT-100, reportan el valor de la presión de vacío en el interior del equipo manipulándose en forma manual la válvula reguladora de vacío, el termopar TE-100, reportan la temperatura de operación de la masa a evaporar y cristalizar, enviando la señal al controlador TIC-100, que permite la acción sobre la válvula solenoide, TVC-100, para manipular el flujo de vapor de calentamiento. En la camisa de calentamiento se ubica el transmisor de presión manométrica, PT-101, que envía la señal al PIC-101, y también acciona la válvula TVC 100, por alta presión en la camisa de calentamiento. Los rangos de temperatura dependen de la solución que se esté evaluando. La temperatura que se maneja, generalmente, es de 0 a 100 °C. La presión de vapor en la camisa de calentamiento es de 0.7 a 0.90 bar, y la presión de vacío, dentro del evaporador-cristalizador, se mantiene entre 0.40 y 0.45 bar. La velocidad del agitador se mide en revoluciones por minuto y el tiempo de operación está en función de la solución de trabajo. En este trabajo se seleccionó como sustancia de trabajo, azúcar en solución; la velocidad de agitación se ajustó a 1000 rpm, con un tiempo de operación de 4 h, aproximadamente. Con estas condiciones y rangos de operación de las variables consideradas, se procede a energizar la bomba de agua dándole un tiempo de retardo de 5 a 10 segundos, y enseguida, se energiza la bomba de vacío. Se ajusta este tiempo de retardo, para asegurar que exista agua en la bomba de vacío, evitando que ésta se pueda quemar. Se espera a que el sensor de presión, instalado sobre el evaporador, indique la presión de vacío de 0.54 bar para poder abrir la válvula de alimentación de la solución azucarada. Una vez que se alimentó la solución azucarada a concentrar y a cristalizar se requiere cuidar el proceso. La presión de vacío y la presión de vapor alimentado a la camisa de calentamiento no deben sobrepasar la presión fijada (Set Point). Es necesario tener mucho cuidado con la válvula de escape de la camisa de calentamiento, para esto se debe observar que la presión en el interior de la camisa de calentamiento no sobre pase el valor de 0.7 kg /cm², básicamente, aunque la presión máxima de trabajo sea de 1.2 kg/cm². Se debe observar, que para el cuidado del equipo, una vez terminada la operación se proceda a apagar la bomba de vacío y la bomba de agua de sello, luego el moto variador de la velocidad de agitación y, por último, se desactivan las válvulas. El usuario obtendrá las muestras, cuantas veces sea necesario, de la sustancia a evaluar para realizar los análisis correspondientes y verificar la calidad del producto y el desempeño óptimo del equipo, concluyendo de esta forma los experimentos programados (prácticas experimentales). La figura 6, muestra la evolución de las variables durante una corrida experimental; las gráficas se generaron utilizando el control OPTO22 en una práctica de laboratorio.

Es necesario mencionar que la estrategia de control se realizó considerando únicamente las variables que se miden en el proceso, es decir, las que se reportan a través de los instrumentos instalados en el equipo; no se consideró el modelo matemático del proceso de cristalización para construir esta estrategia.

Conclusión

La automatización del proceso de evaporación-cristalización a nivel planta piloto ha permitido el uso de instrumentación de tipo industrial y el desarrollo de un sistema de adquisición de datos con el propósito de diseñar algoritmos de control de prueba para la temperatura del proceso. La plataforma informática en la que se desarrolló dicho sistema de monitoreo y control es *FactoryFloor* de OPTO 22 de tipo industria (Balderas *et al*, 2008). La construcción del sistema paralelo de adquisición de datos se basa en el modelo tridimensional del equipo piloto, dibujado en AUTOCAD (*.DWG) y a través del software 3DSTUDIO se lleva a una extensión compatible con MATLAB para el mundo virtual. Se complementan procedimientos ya establecidos en Visual C y se construyen librerías dinámicas (DLL) para comunicar y analizar la información recibida de los dispositivos OPTO22 con MATLAB. Se diseña una interfaz gráfica con realidad virtual para visualizar la evolución de las variables del proceso. La interrelación entre diversas plataformas de software permite la comunicación y sincronización con MATLAB y/o Visual Studio V6, para realizar tareas, tal como probar algoritmos de estimación y control, realizar cálculos matemáticos y capacidad para trabajar con realidad virtual. Con la sincronización del sistema SCADA desarrollado, es posible operar en forma remota, a través de Internet, el equipo piloto para la cristalización de azúcar manteniendo las condiciones de operación preestablecidas: temperatura de operación, velocidad de agitación y presión de alimentación del vapor de calentamiento. Los resultados permiten visualizar aplicaciones importantes de esta metodología en el monitoreo, estimación y control de procesos industriales, así como en la enseñanza a través de la creación de laboratorios didácticos virtuales de procesos.

BIBLIOGRAFÍA

Balderas, Z. J, Zapata, T. M., Chalé, L. F., y Peraza V. F., “Automatización del control térmico de un sistema de evaporación de películas delgadas utilizando LabView”, Ingeniería, Vol. 12, (1), pp. 41-50. (2008).

Calvo J. G., Chen Ch. L., y Fonseca J. “Aplicación de los sistemas de control en la industria del azúcar”. (2005).

Aguilar, R. N., y Román, G. C., “Aspectos teóricos y aplicaciones de la operación unitaria de cristalización”, Ingeniería, Vol. 16, (1), pp. 123-133, (ISSN: 1409-2441), (2005).

López Z., L., Cadeza O.J., Martínez M. K., y Bolaños R. E., “Estudio preliminar del efecto de la presión de vacío y del vapor en un cristizador por lotes a nivel planta piloto”, Revista Mexicana de Ingeniería Química, Vol. 7, (01), pp. 65-70. (2008)

Lang, Y. D., Cervantes, M. A., and Biegler, L. T., “Dynamic Optimization of a Batch Cooling Crystallization Process”, American Chemical Society. Vol. 38, pp. 4-12. (2009).

Monge V. C., “Plan de gestión de proyectos para determinar la factibilidad de la adquisición de equipo que mejore el proceso de digitalización de imágenes de campaña A&C”, Universidad para la cooperación internacional (UCI), doc. 1691-070806. (2010).

Villegas A., Herrera I., Gómez G., Rodríguez J., Lugo E., Pacheco J., “Aplicación para el monitoreo y control de procesos industriales basada en el estándar de comunicaciones OPC”, Revista Ingeniería UC. Vol. 15, No 3, 7-18, (2008).

Acoplamiento de un Modelo Semifísico y Algoritmo Genético para Estimar Condiciones Iniciales en Fermentación Alcohólica

L. López Zamora^{1*}, M. A. Martínez Castro¹

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 852, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Veracruz, México

*llopezz02@yahoo.com.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

La simulación dinámica permite seleccionar las condiciones de operación que aseguren un abundante producto final y el correcto comportamiento de un proceso para la implementación de un adecuado sistema de control. En este trabajo se estudia la simulación dinámica de la fermentación alcohólica empleando una cooperación matemática entre un modelo semifísico de base fenomenológica y un algoritmo genético con codificación real y selección por torneo, para la estimación de las condiciones iniciales que conduzcan a maximizar la generación de producto y disminuir el tiempo de fermentación, utilizando diferentes tamaños de población y número de iteraciones, con concentraciones de glucosa de 100 a 250 kg/m³, concentraciones de inóculo de 1 a 10 % (v/v) y producto de 0 a 93 kg/m³, obteniendo una productividad promedio de 44 a 56 kg/m³ con un tiempo de fermentación de 10 a 12 h.

Palabras clave: Fermentación Alcohólica, Modelo Semifísico de Base fenomenológica, Algoritmos Genéticos, Simulación.

Abstract

Dynamic simulation allows select the operating conditions that ensure an abundant final product and the correct behavior of a process to the implementation of a suitable control system. In this paper is studied the dynamic simulation of alcoholic fermentation utilizing a mathematic cooperation between a semiphysical model of phenomenology base, and a genetic algorithm with real codification and tournament selection, for the estimation of initial conditions who conduce to maximize the product generation and decrease fermentation time, using different population sizes and number of iterations, with glucose concentration of 100 to 250 kg/m³, inoculum concentrations of 1 to 10% (v/v) and product from 0 to 93 kg/m³, obtaining an average productivity for 44 to 56 kg/m³ with a fermentation time of 10 to 12 hours.

Introducción

En la actualidad existe un creciente interés por los sistemas biológicos y la expansión del comercio a nivel mundial, lo cual demanda incrementar la productividad y el rendimiento de los bioprocesos, así como reducir sus costos de producción. Esto puede lograrse mediante la aplicación de nuevas metodologías de modelado, simulación, optimización, (re)diseño, escalamiento, monitoreo y control de los procesos desde la escala celular hasta los sistemas industriales. Al no disponer de una adecuada infraestructura experimental, recursos y personal, el proceso de simulación se vuelve una etapa importante para analizar, estudiar y comprender el comportamiento de la dinámica de un sistema para detectar las posibles deficiencias en el proceso y poder optimizarlo.

Un Modelo Semifísico de Base Fenomenológica (MSBF), es una estructura matemática obtenida con base fenomenológica subyacente al proceso de estudio, su construcción es altamente compleja [Álvarez y col., 2009; López y Zuluaga, 2013; Ribas-García y col., 2011]. Sin embargo ha demostrado gran utilidad por su capacidad de extrapolar los resultados a diferentes escalas y regímenes de operación; si todos los elementos relevantes están presentes en el modelo, y si estos se mantienen dentro del rango de validez.

Los Algoritmos Genéticos (AG's) son métodos metaheurísticos adaptativos generalmente usados en problemas de búsqueda y optimización de parámetros, basados en la reproducción sexual y el principio de supervivencia del más apto, cada individuo evoluciona tomando como base los esquemas propuestos por Darwin sobre la selección

natural. Estos métodos evalúan un conjunto inicial de individuos llamado población, generado de manera aleatoria, con cada variable involucrada en el proceso discretizada en código real, binario o gray [Chaturvedi, 2008; Coello-Coello, 2013; Gestal y col., 2010], y con el empleo de operadores genéticos cada población se adaptará en mayor medida tras el paso de cada generación hacia potenciales soluciones optimizadas para ser empleadas en un experimento.

En este trabajo se utiliza la capacidad de exploración de un algoritmo genético en cooperación matemática con un modelo semifísico de base fenomenológica aproximado, para estimar las condiciones iniciales que maximicen la generación de producto partiendo de una población inicial generada aleatoriamente.

Metodología

Materiales

Se utilizó una laptop DELL® Inspiron R15 con 4 procesadores Intel® Core® i-7 4500U 2.4 GHz, MATLAB® R2014a y Microsoft Office Excel® 2010.

Construcción del MSBF aproximado y Programación del algoritmo MSBF.m

Para realizar el modelo del proceso de fermentación se postulan las ecuaciones fundamentales que son: balance de materia, energía y momento. La aproximación [Hangos y Cameron, 2001] considera las propiedades y variables más típicamente controlables y mensurables directamente. Empleando para su solución un algoritmo de Runge-Kutta de orden 4-5 [Chapra y Canale, 2003].

El conjunto de ecuaciones planteadas describen el modelo aproximado, para el modo batch el volumen se considera constante sin considerar los cambios por el aumento de tamaño de los microorganismos, la generación de gases y la evaporación de agua, la cinética de crecimiento microbiano es descrita por un modelo no estructurado, las ecuaciones más importantes son:

Balance de biomasa

$$\frac{dX}{dt} = (r_x - K_d)X \quad (1)$$

Balance de sustrato

$$\frac{dS}{dt} = -\left(\frac{r_x X}{Y_{x/s}} + \frac{r_p}{Y_{p/s}} + K_m X\right) \quad (2)$$

Balance de producto

$$\frac{dP}{dt} = r_p - K_{dp}P \quad (3)$$

Modelo de cinética de crecimiento microbiano: Monod con inhibición por producto sin muerte.

$$r_x = \mu_{m\acute{a}x} X \frac{S}{k_2 + S} \left(1 - \frac{P}{P_{m\acute{a}x}}\right)^n \quad (4)$$

Modelo de cinética de producción asociada al crecimiento microbiano

$$r_p = \alpha r_x |_{\alpha = Y_{p/x}} \quad (5)$$

Construcción del algoritmo genético y programación del algoritmo AG.m

El algoritmo genético contiene implícito un paralelismo con dos mecanismos: búsqueda y optimización. La población inicial que utiliza el AG, los individuos (conjunto solución), son generados de manera aleatoria y almacenados en una matriz bidimensional, (Figura 1), esta matriz es utilizada en todo el proceso del algoritmo, almacena de igual manera la población descendiente de cruce.

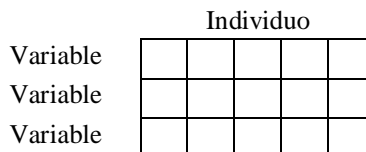


Figura 1. Matriz de conjunto solución

Todas las variables en cada individuo se codifican en código real, discretizando cada variable para ser manipulada. Esta conversión genera una matriz tridimensional (Figura 2).

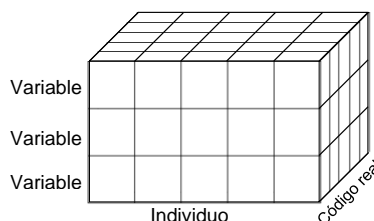


Figura 2. Matriz de codificación

El fitness y la función de evaluación ecuación (6) proporcionan valores entre 0 y 100, considerados como mejores los próximos a cero sin volverse negativos.

$$f_{val} = \left(1 - \frac{P_{final\ simulado}}{P_{teórico}}\right) * 100 \tag{6}$$

Para la selección de cruce se utiliza una $p_c = 0.6$, cada individuo tiene el 60% de probabilidad de cruzarse y generar descendientes, y el número de cruces es igual al 50% del número de individuos de la población inicial. El bit de corte aleatorio para los cruces simple (SPX) y doble (DPX). Para la selección de competencia se utiliza una $p_c = 0.6$, cada individuo tiene el 60% de probabilidad de ser seleccionado para competir por su supervivencia, utilizando un torneo tanto determinístico, son seleccionados los individuos que formarán la nueva población (conjunto solución).

Resultados y discusión

MSBF aproximado

Para las pruebas preliminares del algoritmo se ejecutó sobre un problema (propuesto por Fogler [2008], donde indica que la fermentación de glucosa para producir etanol se efectúa en un reactor intermitente empleando *Saccharomyces cerevisiae*. La concentración inicial de células es de 1.0 g/dm³ (kg/m³) y la concentración de sustrato (glucosa) es de 250 g/dm³ (kg/m³).

Los resultados obtenidos para este problema empleando POLYMATH 6.0, son presentados en la Tabla 1 y la ecuación (7) presenta el resultado de aplicar los datos a la ecuación (6).

Tabla 1. Resultados de la simulación para el ejemplo 7-6 [Fogler, 2008]

Variable	Valor inicial	Valor mínimo	Valor máximo	Valor final
T (h)	0.0	0.0	12.0	12.0
X (kg/m ³)	1.0	1.0	16.18406	16.18406
S (kg/m ³)	250.0	46.93514	250.0	46.93514
P (kg/m ³)	0.0	0.0	89.82293	89.82293

$$f_{val} = \left(1 - \frac{P_{final\ simulado}}{P_{teórico}}\right) * 100 = \left(1 - \frac{89.82\text{ kg/m}^3}{127.75\text{ kg/m}^3}\right) * 100 = 29.69 \tag{7}$$

Con los límites para las condiciones iniciales mostrados en la Tabla 2, para ser ingresadas en la sentencia *MACMpobini.m*, y simular con poblaciones de tamaños diferentes.

Tabla 2. Cotas para la generación de individuos en la población inicial

	Tiempo (h)	Biomasa (kg/m ³)	Sustrato (kg/m ³)	Producto (kg/m ³)
Min	10	0.1	100	0
Máx	20	1	250	93

Algoritmo genético

Este algoritmo genera una población inicial aleatoria con las condiciones iniciales generadas dentro de los intervalos presentados en la Tabla 2, evalúa los tiempos y el comportamiento dinámico de las variables, discretizando cada variable en codificación real, aplica los operadores de cruce SPX con bit de corte aleatorio [Chaturvedi, 2008; Coello-Coello, 2013; Gestal y col., 2010], selección por torneo determinístico [Sivaraj y Ravichandran, 2011], para generar una población temporal la cual es evaluada y comparada con la población inicial para crear una nueva población y continuar el proceso hasta cumplir cierto número de iteraciones establecidas.

Simulación MSBF aproximado y AG

Los parámetros cinéticos para los modelos de crecimiento microbiano y cinética de producción son tomados de [Fogler 2008; Ribas-García y col., 2011]. La Tabla 3 muestra la población generada con las cotas establecidas en la Tabla 2, con un tamaño de población de 30 individuos. Donde J: Individuo; t: tiempo; t_s: tiempo simulado; X: biomasa; S: sustrato; P: producto, X_g: biomasa generada; S_f: sustrato final; P_{total}: producto total; P_{neto}: producto neto.

Tabla 3. Población inicial y simulada para el caso de 30 individuos, MSBF aproximado y AG codificación real

Condiciones Iniciales					Condiciones Simuladas					
J	t [h]	X [kg/m ³]	S [kg/m ³]	P [kg/m ³]	t _s [h]	X _g [kg/m ³]	S _f [kg/m ³]	P _{total} [kg/m ³]	P _{neto} [kg/m ³]	Fitness [%]
1	14	0.4646	129.3992	8.6768	12.4880	10.2178	0.0001	65.9987	57.3219	13.3102
2	17	0.8328	201.7135	27.0151	15.0598	11.7304	51.9639	92.9298	65.9147	62.1796
3	17	0.8228	111.3662	68.1549	16.7525	4.6313	56.8434	91.9814	23.8265	103.7890
4	17	0.5032	246.8241	31.1186	17.0920	10.6993	106.7830	92.7654	61.6467	72.3453
5	16	0.2770	168.7159	45.6967	15.9430	5.7146	95.7064	77.9680	32.2713	76.4517
6	10	0.5686	112.7274	24.6804	10.4718	6.7713	30.7969	61.0039	36.3236	28.2715
7	16	0.7908	233.0232	85.2402	16.0891	1.8280	216.6915	92.2649	7.0247	116.1592
8	18	0.4447	232.5746	14.9837	16.6390	13.4176	55.8307	92.9005	77.9168	57.0746
9	17	0.5944	160.2332	70.9933	16.7759	3.6447	117.0860	89.8882	18.8949	106.1001
10	16	0.3860	222.8711	28.2402	16.4034	10.5999	84.9295	89.1477	60.9075	66.8457
11	11	0.8193	236.7088	16.5295	10.5208	10.2276	112.2502	71.6926	55.1631	59.1023
12	15	0.9711	222.1136	31.3405	14.3518	11.1257	82.6293	92.7411	61.4005	69.4642
13	12	0.9543	249.7768	25.6995	12.3953	11.4028	109.2166	87.8074	62.1079	68.4265
14	16	0.2168	131.1112	86.0023	15.8184	0.6268	125.0153	88.6491	2.6468	129.8571
15	12	0.7055	116.5482	31.8314	11.9062	8.3040	15.0765	76.7278	44.8964	42.6301
16	10	0.8532	152.4607	55.0228	10.4716	4.7927	99.2452	78.5190	23.4962	85.9117
17	17	0.5524	206.7324	21.8682	16.3070	12.3357	45.5009	92.8912	71.0230	58.2257
18	10	0.2767	145.9368	14.7974	10.2435	4.4865	90.8114	39.2765	24.4792	31.3413

Tabla 3 (cont.). Población final y simulada para el caso de 30 individuos, MSBF aproximado y AG codificación real

J	t [h]	X [kg/m ³]	S [kg/m ³]	P [kg/m ³]	t _s [h]	X _g [kg/m ³]	S _f [kg/m ³]	P _{total} [kg/m ³]	P _{neto} [kg/m ³]	Fitness [%]
19	17	0.5409	234.6851	13.0586	15.7475	13.8455	53.7477	92.8499	79.7914	55.8553
20	15	0.9316	208.3226	10.0410	13.9490	14.7361	20.1936	92.9725	82.9315	47.4343
21	16	0.5539	197.7483	92.2549	15.7843	0.5923	195.8198	92.9933	0.7384	125.9836
22	14	0.7024	180.8067	83.7631	13.5591	1.7490	165.1753	90.5449	6.7819	119.2272
23	15	0.9460	202.0796	30.6942	14.8673	11.2062	60.4614	92.9801	62.2860	65.8110
24	19	0.4594	194.9282	60.8032	18.8418	5.3929	125.9364	91.0766	30.2733	94.7841
25	18	0.5594	165.8216	43.9223	17.7210	8.5501	54.8091	92.6910	48.7687	73.9466
26	11	0.2391	200.5783	53.6957	10.5374	1.7681	180.1893	62.7194	9.0236	87.9966
27	18	0.3705	138.4432	0.8494	12.7516	10.8445	0.0034	62.2188	61.3694	7.9091
28	16	0.7941	172.4751	15.8344	15.0354	13.3619	0.0102	91.7662	75.9318	43.0824
29	17	0.4555	194.5727	41.9486	17.0697	8.5192	84.3084	90.5260	48.5774	75.8112
30	16	0.2112	215.4588	67.7976	15.9381	2.0305	190.6231	78.7424	10.9448	101.6339

En la Figura 3, se presenta una comparación entre los datos para la población inicial generados dentro de las cotas establecidas en la Tabla 2, y los resultados de simulación para cada variable.

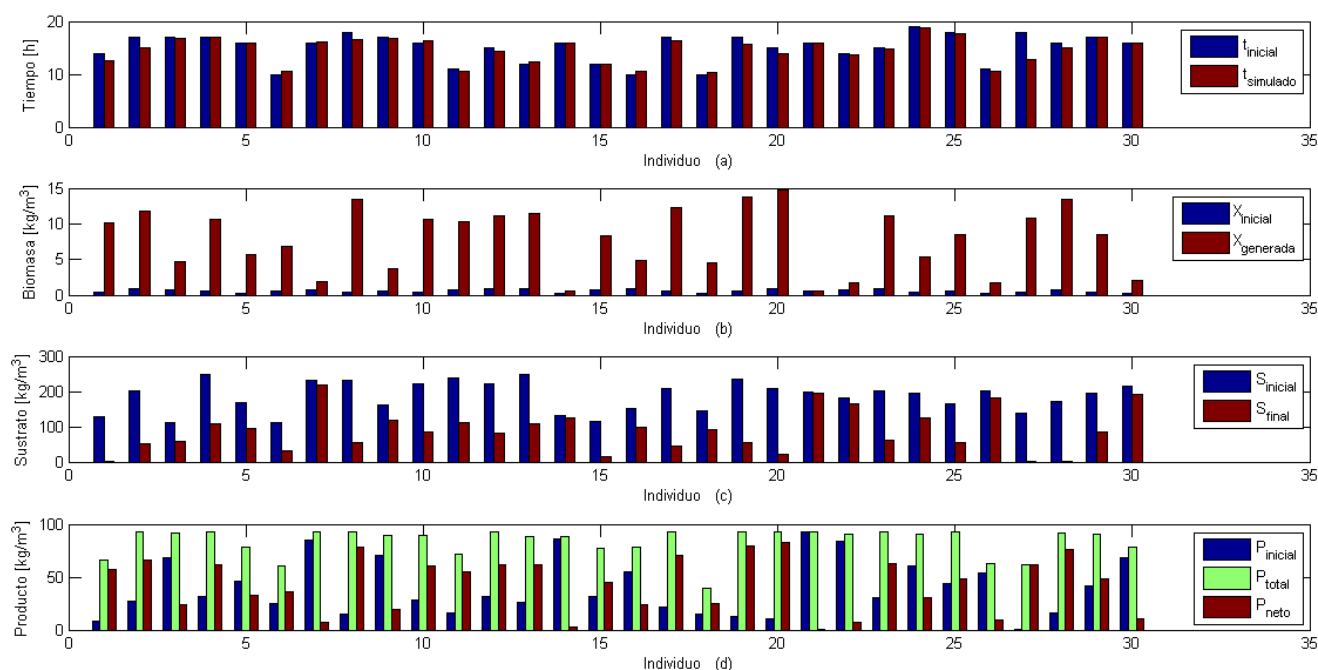


Figura 3. Comparación entre las variables al inicio y fin de la simulación para la población inicial.

En la Figura 4 (a), (b) y (c) el comportamiento dinámico de las soluciones son similares y difíciles de diferenciar, en la Figura 4 (d), los porcentajes de fitness superiores al 100% implican que las condiciones iniciales son viables para el proceso pero el comportamiento dinámico se desvía de real.

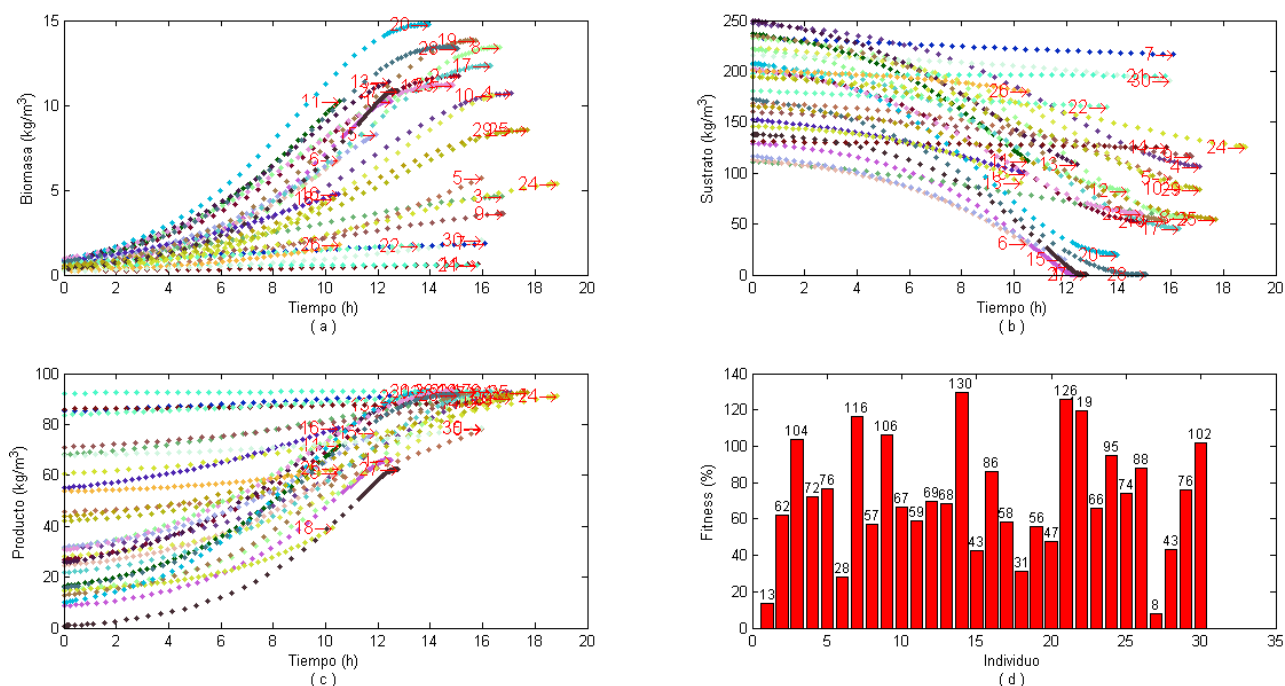


Figura 4. Comportamiento dinámico de Biomasa (a), Sustrato (b), Producto (c) y Fitness correspondiente (d) para la población inicial

Los resultado son presentados en la Tabla 4, después de 50 iteraciones, los individuos se inclinan hacia un punto de convergencia, las condiciones iniciales para los individuos 3-16 y 17-30 presentan una diferencia de 2×10^{-4} a 6×10^{-4} , el individuo 2 es muy próximo al resto de la población, el individuo 1 varía en un porcentaje menor al 2.4% en comparación. La población presenta un promedio de Fitness de 12.9204, una varianza de 0.0034 y una desviación estándar de 0.0586.

Tabla 4. Población final y simulada para el caso de 30 individuos, MSBF aproximado y AG codificación real

Condiciones Iniciales					Condiciones Simuladas					
J	t [h]	X [kg/m ³]	S [kg/m ³]	P [kg/m ³]	t _s [h]	X _g [kg/m ³]	S _f [kg/m ³]	P _{total} [kg/m ³]	P _{neto} [kg/m ³]	Fitness [%]
1	12	0.4258	126.3681	1.6519	11.9333	9.9948	0.0005	57.6789	56.0270	13.2362
2	11	0.3058	126.8481	1.2319	11.4066	7.9661	26.5651	45.7659	44.5340	12.9165
3-16	11	0.3066	126.8414	1.2304	11.4038	7.9760	26.4371	45.8181	44.5877	12.9095
17-30	11	0.3060	126.8411	1.2302	11.4034	7.9652	26.5728	45.7577	44.5275	12.9091

En la Figura 5 (a), (b) y (c), el comportamiento dinámicos de todos los individuos es unánime y puede apreciarse un fitness semejante en todos los casos, conservando un elemento diferente que permite identificar la convergencia de las soluciones, este fitness revela que la eficiencia de la fermentación es cercana a la teórica según la bibliografía [Nielsen y col., 2001; Stanbury y col., 1995].

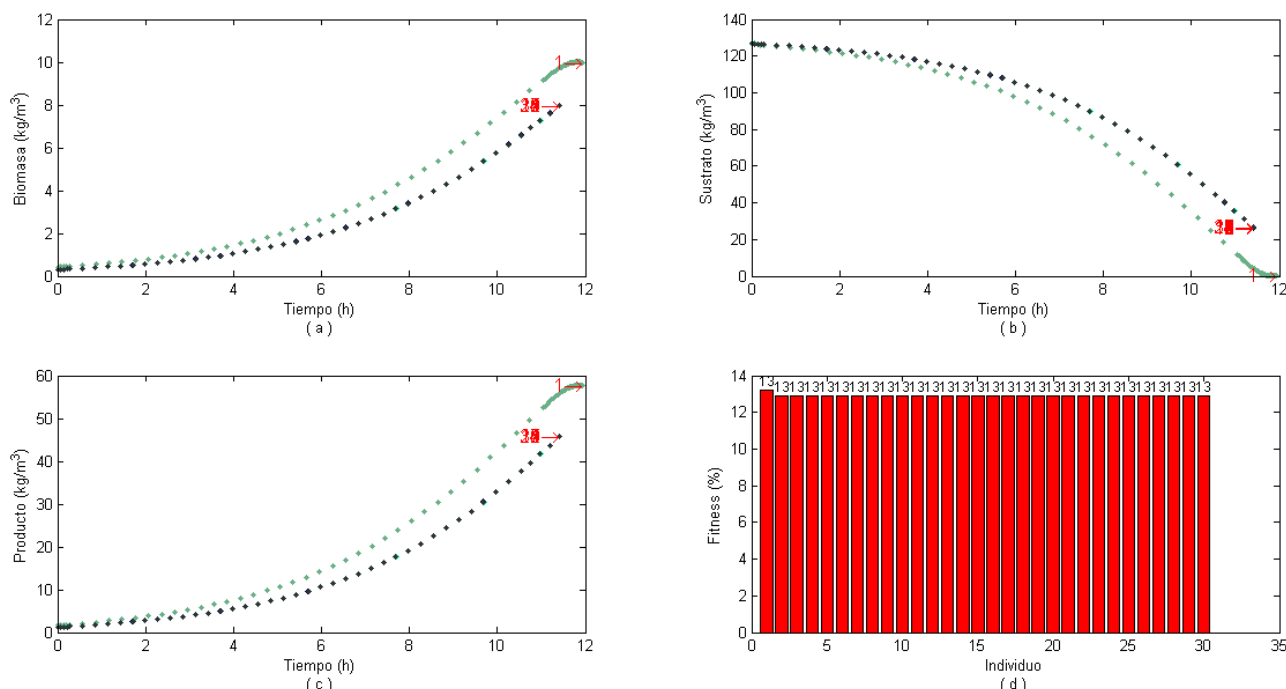


Figura 5. Comportamiento dinámico de Biomasa (a), Sustrato (b), Producto (c) y Fitness correspondiente (d) para la población final iteración 50

Con respecto a la ecuación (7), el fitness disminuyó considerablemente lo que refleja una mejora del proceso con respecto a la simulación del problema (7-6), ya que la ecuación (6) está basada en el producto neto y no el final.

La cinética de crecimiento microbiano mostrada en la Figura 5 (a), está limitada por la inhibición por producto, cuando el crecimiento cesa en la fase estacionaria el producto deja de ser generado, Figura 5 (c), de acuerdo a la cinética de producción asociada al crecimiento.

Trabajo a futuro

Se utilizara la codificación binaria con doble precisión y 4 dígitos decimales representativos y el fitness estandarizado para obtener una minimización de la función de evaluación y se anexarán las correspondientes EDO's para intercambio calórico y energía mecánica después de evaluar el tiempo computacional requerido para 1000 individuos en 50 réplicas.

Conclusiones

La tendencia del comportamiento dinámico de las variables hacia puntos de convergencia similares indica que la cooperación MSBF-AG presenta un desempeño aceptable para el número de ecuaciones, variables y condiciones de acotamiento para los modelos de cinética de crecimiento y cinética producción. El tiempo computacional requerido fue muy corto (117.5 s) en comparación con otras ejecuciones del mismo tamaño de población, aun así la estocasticidad del algoritmo genético generará tiempos computaciones diversos para poblaciones semejantes en tamaño, aunado al acoplamiento de las EDO's necesarias para confirmar que la simulación representa adecuadamente el proceso fermentativo.

La ejecución cooperativa excluye aquellos individuos que presenten un fitness negativo y los sustituye por el individuo que presente el máximo fitness de la población anterior asegurando la convergencia hacia soluciones lógicas y posibles de experimentar. Esta consecuencia es imposible para experimentación, pero permite explorar el espacio soluciones para simular y determinar condiciones más apegadas a la realidad conforme avanza cada iteración. Un fitness cercano a cero proporcionan información sobre las condiciones que generan una eficiencia cercana a la teórica en simulación y por tanto una posible opción a experimentar.

Referencias

1. Álvarez, H., Lamanna, R., Vega, P., y Revollar, S. 2009. Metodología para la Obtención de Modelos Semifísicos de Base Fenomenológica Aplicada a una Sulfitadora de Jugo de Caña de Azúcar. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, **6(3)** 10-20.
2. Chapra, S. C., y Canale, R. P. 2003. *Métodos Numéricos para Ingenieros* (4a ed.). México: McGraw-Hill.
3. Chaturvedi, D. K. 2008. *Soft Computing: Techniques and its Applications in Electrical Engineering* (Vol. 103). (J. Kacprzyk, Ed.) India.
4. Coello-Coello, C. A. 2013. *Introducción a la Computación Evolutiva (Notas de Curso)* (1a. ed.). D.F., México.
5. Fogler, S. H. 2008. *Elementos de ingeniería de las reacciones químicas*. México: PEARSON Educación.
6. Gestal, M., Rivero, D., Rabuñal, J. R., Dorado, J., y Pazos, A. 2010. *Introducción a los Algoritmos Genéticos y la Programación Genética*. Coruña: Servicio de Publicacións, Universidad da Coruña.
7. Hangos, K., y Cameron, I. 2001. *Process Modelling and Model Analysis* (Vol. 4). New York: Academic Press.
8. López, S., y Zuluaga, C. 2013. Modelo semifísico de base fenomenológica de un evaporador de jugo de caña de azúcar tipo Roberts. *Ingenio Magno*, **(4)** 32-38.
9. Nielsen, J., Villadsen, J., y Lidén, G. 2001. *Bioreaction Engineering Principles*. New York: Kluwer Academic / Plenum Publishers.
10. Ribas-García, M., Hurtado-Vargas, R., Garrido-Carralero, N., Domenech-López, F., y Sabadí-Díaz, R. 2011. Metodología para la modelación de procesos. Caso de estudio, fermentación alcohólica. *ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar*, **45(1)** 37-47.
11. Sivaraj, R., y Ravichandran, T. 2011. A review of selection methods in genetic algorithm. *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, **3(5)** 3792-3797.
12. Stanbury, P. F., Whitaker, A., y Hall, S. J. 1995. *Principles of Fermentation Technology* (2a. ed.). New York: Butterworth-Heinemann.

Distribución de tamaño de cristal (DTC) a partir de velocidad de sedimentación

K. B. Sánchez Sánchez^{1*}, E. Bolaños Reynoso¹, M. Elizondo Sánchez¹,
A. Cervantes Flores,¹ G. R. Urrea García¹

¹ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba. Av. Oriente 9 No. 852.
Col. Emiliano Zapata, Orizaba, Veracruz, C.P. 94320, MÉXICO.

kelvyn.baruc@gmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En este trabajo se presenta una técnica para la determinación de la DTC a partir de la velocidad de sedimentación de una solución de cristales de azúcar de caña – etanol anhidro. La velocidad de sedimentación de las partículas es calculada a partir de perfiles de % transmisión-extinción obtenidos mediante un equipo LUMiReader® que emplea la tecnología STEP® (Space- and Time- resolved Extinction Profiles), acoplado a la técnica de seguimiento de interfaz. Para la obtención de la DTC, únicamente se requiere dar solución a la ecuación de Stokes, lo que representa un tiempo de análisis corto. Finalmente, se presentan validaciones con mediciones realizadas en un equipo especializado MasterSizer 2000® de Malvern Instruments, obteniéndose errores en el rango de 0.55 – 1.75 % y tiempos de medición de 50 – 100 s, lo que permite confirmar que la técnica propuesta cuantifica la DTC satisfactoriamente.

Palabras clave: cristalización, azúcar de caña, sedimentación, distribución de tamaño de cristal

Abstract

This paper presents a technique for determining the DTC from the sedimentation rate of cane sugar crystals - anhydrous ethanol solution. The sedimentation rate of the particles is calculated from transmission-extinction profiles obtained with a device LUMiReader® that uses the STEP® (Space- Time-resolved and Extinction Profiles) technology, coupled to the front tracking technique. To obtain the DTC, it is only required to solve the Stokes equation, representing a short analysis time. Finally, validations are presented with measurements from a specialized device MasterSizer 2000® by Malvern Instruments, yielding errors in the range of 0.55 - 1.75 % and measuring time of 50-100 s, which confirms that the proposed technique quantifies the DTC successfully.

Keywords: crystallization, sugar cane, sedimentation, crystal size distribution

Introducción

La cristalización por lotes es una operación ampliamente utilizada para la producción de productos químicos, farmacéuticos, agroquímicos y de alimentos como lo es la industria del azúcar de caña [Sarkar y col., 2006 y Hojjati y col., 2007]. Esta operación ofrece muchas ventajas sobre otras técnicas de separación, tales como el bajo costo de operación, alta pureza en los productos sólidos cristalinos y apariencia atractiva del producto final para propósitos comerciales. El rendimiento de la cristalización por lotes es usualmente cuantificado en términos de las propiedades del producto final, tales como la distribución del tamaño de cristal (DTC), hábito del cristal y su morfología [Rohani y col., 2005; Mohd y col., 2008]. La DTC es de elemental importancia ya que influye en el rendimiento de las operaciones posteriores, por ejemplo: filtración (separación), secado, transporte y almacenaje, así como la calidad del producto cristalino, la cual es determinada por el diámetro promedio del cristal en % volumen $D(4,3)$ y su desviación estándar en % volumen $S(4,3)$. La DTC es fuertemente afectada por la $D(4,3)$ y $S(4,3)$ de la semilla empleada al inicio del lote [Bolaños y col., 2014].

La industria de la cristalización de azúcar de caña es históricamente una de las más importantes en México, debido a su relevancia económica y social en el campo; genera más de dos millones de empleos directos e indirectos, siendo el estado de Veracruz el que cuenta con la mayor cantidad de ingenios azucareros. El beneficio económico es de 32 mil millones de pesos en el 2013 [SAGARPA, 2014]. Actualmente enfrenta

problemas en el mercado debido a la masiva producción de alta fructuosa como sustituto edulcorante. Aunado a lo anterior, existe un déficit de investigación y desarrollo tecnológico debido a que la mayoría de los ingenios azucareros mexicanos se caracterizan por su baja inversión, altos costos de transformación y deficiencias en las escalas de producción para la obtención de un producto de alta calidad. Uno de los problemas más importantes es que no se cuenta con una técnica apropiada para la medición de la DTC, que permita conocer su comportamiento dinámico a través del tiempo de lote para su retroalimentación a los sistemas de control, con lo cual satisfacer los requerimientos específicos de calidad del producto final.

La cuantificación de la DTC usualmente puede ser llevada a cabo en equipos especializados empleando técnicas de difracción laser, dispersión dinámica de luz, espectroscopia ultrasónica y análisis de imágenes [Larsen y col., 2009; Shukla y col., 2010]. Dichas técnicas han permitido determinar adecuadamente la DTC de dispersiones de partículas con concentraciones bajas y medias. Sin embargo, los costos de operación y mantenimiento son muy elevados y requieren de un gran tiempo para la obtención de los resultados, en el caso del análisis de imágenes. Esto hace improbable que la industria azucarera implemente tales equipos en sus procesos, por lo que se requiere de una técnica simple, de bajo costo de operación y que obtenga resultados en corto tiempo.

Una técnica alternativa que ha dado buenos resultados para la determinación de la DTC en suspensiones es mediante el análisis de la velocidad de sedimentación. Esta técnica puede llevarse a cabo mediante la obtención de perfiles de transmisión-extinción (%) [Detloff y col., 2006] y posteriormente aplicar la técnica de seguimiento de interfaz, la cual determina el movimiento entre la fase dispersa (partículas) y la fase continua (líquido) como una función dependiente del tiempo. Debido a la sedimentación, la posición absoluta de la frontera entre fase dispersa y continua aumenta, permitiendo la determinación de la velocidad de sedimentación. Posteriormente, la ecuación de la ley de Stokes puede ser aplicada para calcular el tamaño promedio de las partículas.

Por lo anterior, en este trabajo se presenta una técnica alternativa para la determinación de la DTC a partir de la velocidad de sedimentación de una solución de cristales de azúcar de caña – etanol anhidro, calculada a partir de perfiles de % transmisión-extinción medidos mediante un equipo LUMiReader®, acoplados a la técnica de seguimiento de interfaz. Esta técnica no requiere que todas las partículas sedimenten, puesto que solo es necesaria la etapa dinámica restando importancia a la fase estacionaria. Para la obtención de los resultados, se requiere dar solución a ecuaciones algebraicas simples, reduciendo el tiempo de análisis. Finalmente, se presentan validaciones contra mediciones realizadas en un equipo especializado MasterSizer 2000® de Malvern Instruments.

Metodología

Equipo experimental

El equipo empleado en este estudio para la medición de perfiles de transmisión-extinción fue un analizador de separaciones LUMiReader® (L.U.M. GmbH, Berlin, Germany) (ver Figura 1), que emplea la tecnología STEP® (*Space- and Time- resolved Extinction Profiles*), la cual permite obtener estos perfiles a través de la longitud total de la celda empleada, hasta 3 celdas simultáneamente. En la Tabla 1 se presenta una descripción detallada del equipo.

Tabla 1. Especificaciones del equipo LUMiReader®

Modelo	4131-3
Principio de medición	Fotométrico
Fuente de luz	Pulso NIR-LED, 870 nm
Rango de intensidad de luz	0.25 - 5
Detector	CCD-Line, 8042 elementos
Resolución y rango del detector	7 μ m, 45 mm
Rango de temperatura	T. ambiental + 5°C – 60 °C
Rango de ángulo de inclinación	0° - 30°



Figura 1. Analizador de separaciones LUMiReader® 4131-3

Preparación de la muestra

Para realizar la medición de los perfiles de % transmisión-extinción y obtener la DTC, se optó por preparar dos muestras de semilla de cristales de azúcar refinada comercial (alta pureza). Se seleccionaron los tamaños de 150 μm y 180 μm debido a que son los comúnmente empleados a nivel industrial, por lo que el azúcar comercial (450 - 550 μm) fue triturada y posteriormente clasificada empleando tamices de tamaño 150 UM, 180 UM y 212 UM. Cabe resaltar que se usó el tamiz de 212 UM en la parte superior para limitar el rango de tamaño de las partículas presentes en el tamiz de 180 UM. Se obtuvieron 20 g de cada tamaño de semilla.

Posteriormente, se prepararon las muestras para ser introducidas al equipo LUMiReader®, empleando una celda tipo PA 110-135XX fabricada en poliamida con 10 mm de ancho y volumen de 6 ml. Se realizaron 2 replicas por cada medición (canal 1 y 3), pesando 0.25 g de semilla en cada celda. Para dispersar las partículas se requiere de un medio que no disuelva el azúcar de caña, por lo que se seleccionó el alcohol etílico anhidro, llenando un volumen de 5 ml cada celda. En la Tabla 2 se presentan los detalles de todos los experimentos realizados. Cabe resaltar que se empleó una temperatura de 40 °C debido a que se encuentra dentro del rango (40 °C - 70 °C) en que se lleva a cabo la cristalización de azúcar de caña y se probaron dos ángulos de inclinación: 0 y 15 °, para observar el comportamiento dinámico en la sedimentación de las partículas.

Tabla 2. Parámetros de configuración para LUMiReader®

Experimento	Semilla	No. de Perfiles	Intervalo	Ángulo	Factor de iluminación	Temperatura
A	150 μm	300	2 s	0°	1	40 °C
B	150 μm	300	2 s	15°	1	40 °C
C	180 μm	300	2 s	0°	1	40 °C
D	180 μm	300	2 s	15°	1	40 °C

Análisis de datos experimentales

Los datos experimentales obtenidos permiten observar y entender diversos comportamientos de estabilidad de una solución con el software SEPVIEW 5.2® proporcionado por L.U.M. GmbH, Berlin, Germany. Diferentes componentes del programa brindan resultados para un análisis cualitativo y cuantitativo de la muestra como la velocidad de sedimentación de las partículas (v_{st}), la cual se calcula extrayendo los datos de posición de la interfaz en función del tiempo y realizando un ajuste lineal por mínimos cuadrados en MATLAB 2014b® de la etapa dinámica (pendiente pronunciada de los datos experimentales). El valor numérico de la pendiente ajustada del modelo representa la velocidad de sedimentación expresada en $\mu\text{m/s}$.

Posteriormente, la DTC (D(4,3) y S(4,3)) es obtenida basándose en la ley de Stokes (Ecuación 1), despejando el diámetro de la partícula, lo que representa el diámetro promedio en % volumen D(4,3). Mediante análisis estadístico es posible obtener una desviación estándar de la pendiente del modelo ajustado, lo que representa la variabilidad de la distribución en % volumen S(4,3). En la Tabla 3 se presentan las propiedades necesarias para la solución de la Ecuación (1).

$$v_{st} = \frac{(\rho_d - \rho_c) * x^2 * g}{18 \mu} \tag{Ec. 1}$$

Tabla 2. Parámetros para solución de ley de Stokes

Símbolo	Descripción	Valor	Unidades
ρ_d	Densidad del cristal de azúcar	1,588	Kg/m ³
ρ_c	Densidad del etanol anhidro	772	Kg/m ³
x	Diámetro de la partícula	----	m
μ	Viscosidad del etanol anhidro	7.94x10 ⁻⁰³	Pa.s

Resultados y discusión

Análisis de perfiles de transmisión normalizada

Los resultados para el % de transmisión normalizada obtenidos para las muestras de semilla de cristal de azúcar se presentan en la Figura 2. La tonalidad roja representa los primeros datos obtenidos, posteriormente la tonalidad cambia a verde, lo cual indica que son los datos obtenidos hacia el final del tiempo de medición. Los perfiles se encuentran en función de la posición de la celda, en donde 0 mm y 45 mm corresponden a la parte superior e inferior (acumulación de partículas) de la celda, respectivamente. En las gráficas se observa una caída repentina del % de transmisión cerca del fondo de la celda, representando la interfaz entre la solución y las partículas sedimentadas, siendo posible el cálculo de la fracción volumen de las partículas, lo que en cristalización se denomina masa de cristal formado (MCF). Los perfiles de % transmisión pueden convertirse a extinción mediante la expresión $-\ln(I/I_0)$ para su uso en la ecuación de la ley de Lambert-Beer.

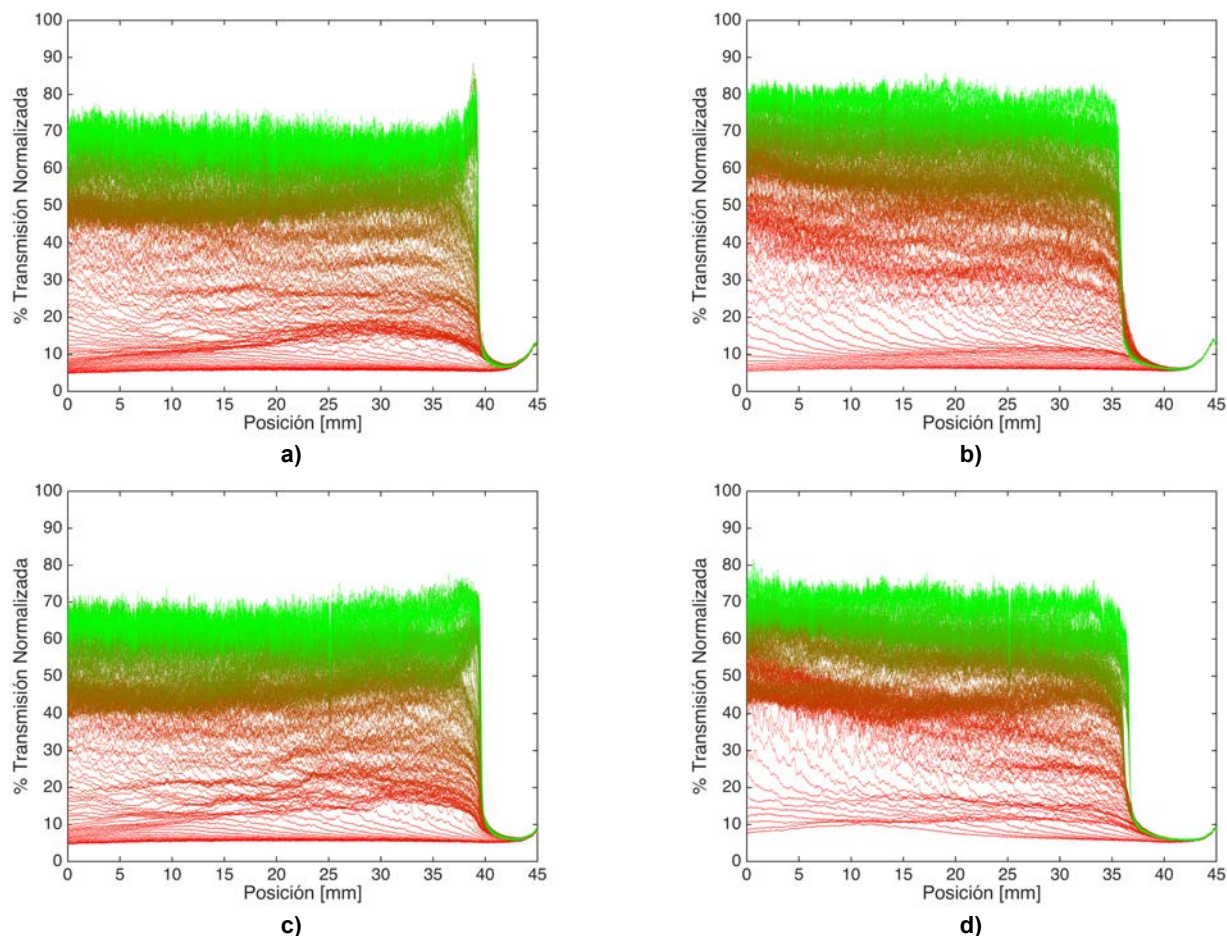


Figura 2. Perfiles de transmisión (%): a) 150 μm, Θ = 0°, b) 150 μm, Θ = 15°, c) 180 μm, Θ = 0°, d) 180 μm, Θ = 15°

En las Figuras 2a y 2b correspondientes a la semilla de 150 μm con 0° y 15° de inclinación, puede observarse que el % de transmisión normalizada alcanza un valor de 70 % para 0° y 80 % para 15° , resaltando que existe una mayor transmisión de luz a través de la muestra, indicando que se incrementa la sedimentación de las partículas. Debido al efecto observado por el ángulo de inclinación, el volumen de la fracción de las partículas sedimentadas aumenta, por lo que su posición se encuentra en 36 mm, mientras que con 0° de inclinación se ubica en 40 mm. Por último, durante la primera etapa del tiempo de medición, que corresponde a un rango de 10 – 40 % de transmisión, la separación entre los perfiles es mayor con una inclinación de 15° en la parte superior de la celda, demostrando nuevamente que el ángulo de inclinación favorece la sedimentación de las partículas.

En el caso de la semilla de 180 μm con 0° y 15° de inclinación (Figuras 2c y 2d), el mismo efecto de los ángulos es observado, alcanzando 70 y 75 % de transmisión para 0° y 15° , respectivamente. De igual forma, el volumen de la fracción de partículas sedimentadas es mayor con un ángulo de 15° . Además, la clarificación de la parte superior de la celda (0 – 10 mm) es mayor en los primeros minutos de la medición (correspondientes a un rango de 10 – 40 % de transmisión) en comparación con la semilla de 150 μm .

Cálculo de velocidad de sedimentación y DTC

Los datos experimentales obtenidos para la evolución dinámica de la interfaz continua-dispersa fueron analizados en MATLAB 2014b®, ajustando un modelo lineal (Ecuaciones 2 - 9) (ver Figura 3) de la etapa dinámica (0 – 50 s) empleando la función *fit*. La etapa estable indica que las partículas han alcanzado el fondo de la celda (fracción volumen de las partículas), por lo que no se deben incluir dichos datos en el análisis.

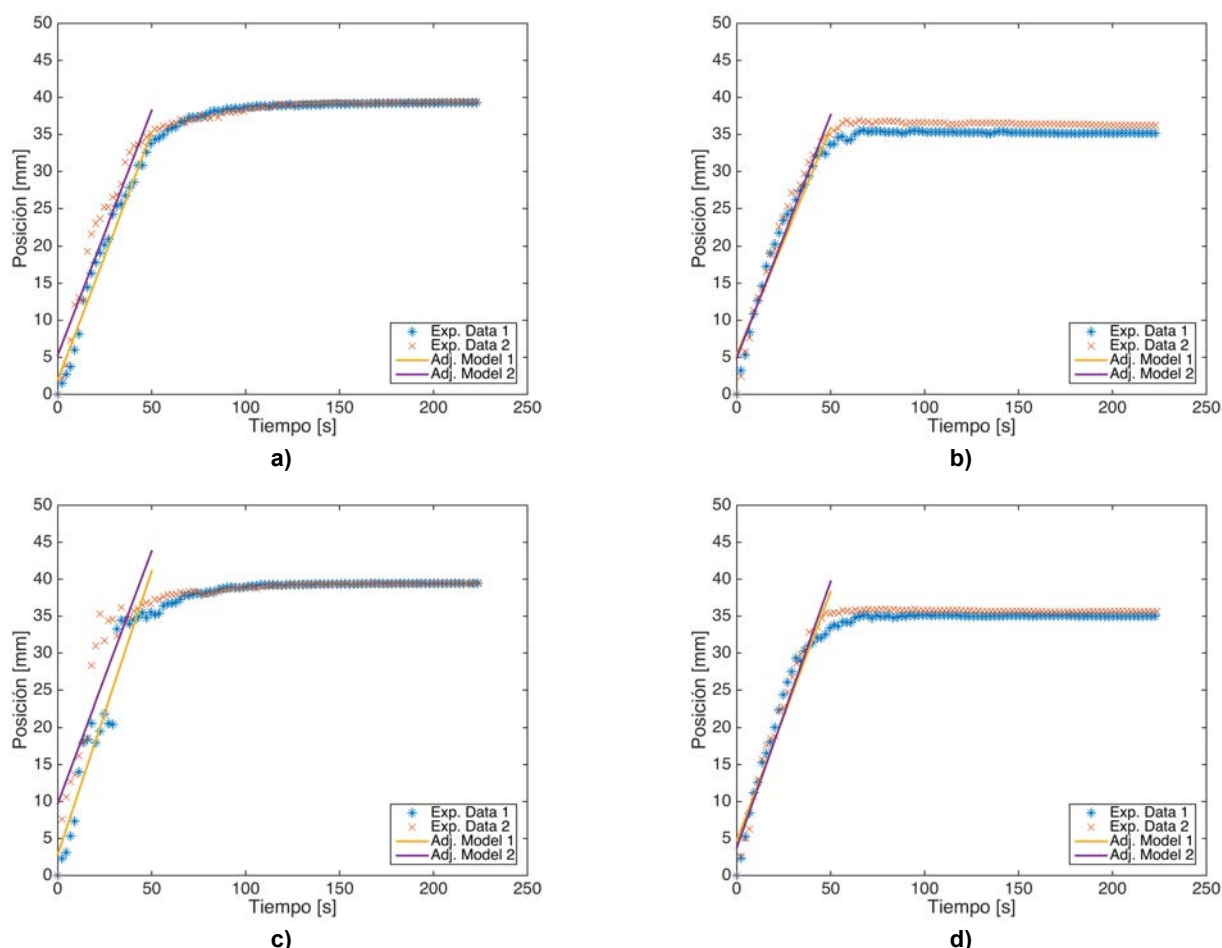


Figura 3. Ajuste lineal de los datos experimentales del seguimiento de interfaz: a) 150 μm , $\Theta = 0^\circ$, b) 150 μm , $\Theta = 15^\circ$, c) 180 μm , $\Theta = 0^\circ$, d) 180 μm , $\Theta = 15^\circ$

$$P_{150 \mu m, 0^\circ, R1} = 0.6654 * t + 1.9802 \quad R^2 = 0.9708 \quad (\text{Ec. 2})$$

$$P_{150 \mu m, 0^\circ, R2} = 0.6590 * t + 5.2981 \quad R^2 = 0.9266 \quad (\text{Ec. 3})$$

$$P_{150 \mu m, 15^\circ, R1} = 0.6100 * t + 5.3977 \quad R^2 = 0.9488 \quad (\text{Ec. 4})$$

$$P_{150 \mu m, 15^\circ, R2} = 0.6543 * t + 4.9323 \quad R^2 = 0.9543 \quad (\text{Ec. 5})$$

$$P_{180 \mu m, 0^\circ, R1} = 0.7656 * t + 2.8183 \quad R^2 = 0.9180 \quad (\text{Ec. 6})$$

$$P_{180 \mu m, 0^\circ, R2} = 0.6813 * t + 9.7344 \quad R^2 = 0.8187 \quad (\text{Ec. 7})$$

$$P_{180 \mu m, 15^\circ, R1} = 0.6717 * t + 4.7219 \quad R^2 = 0.9384 \quad (\text{Ec. 8})$$

$$P_{180 \mu m, 15^\circ, R2} = 0.7189 * t + 3.7560 \quad R^2 = 0.9658 \quad (\text{Ec. 9})$$

En la Figura 3 se aprecia una diferencia importante en la evolución dinámica de la interfaz, en donde para los ángulos de 0° (Figuras 3a y 3c) se observa que los datos experimentales no presentan una uniformidad adecuada, además de requerir un tiempo de 100 s para alcanzar el estado estable en 40 mm, dificultando la tarea de ajustar un modelo lineal de los datos experimentales que realmente representan a las partículas moviéndose a través de la fase continua. Por el contrario, para los ángulos de 15° (Figuras 3c y 3d), los datos experimentales siguen un comportamiento uniforme para ambas replicas, alcanzando el estado estable con solo 50 s en 35 mm, lo que permite reducir el tiempo de análisis en un 50 %. De forma similar que con los datos de la Figura 2 de % transmisión, la fracción volumen de las partículas puede ser calculada de forma sencilla.

Con respecto a los modelos lineales ajustados, se obtienen coeficientes de correlación adecuados, siendo los mejores (cercanos a la unidad) los correspondientes a los ángulos de 15°, corroborando que los datos experimentales siguen una tendencia uniforme. Las pendientes calculadas son menores para el caso de la semilla de 150 μm y mayores para la semilla de 180 μm, lo cual es esperado debido a que las partículas con mayor tamaño sedimentan más rápido. Por otro lado, como puede observarse en la Figura 3, las líneas sólidas correspondientes a los modelos ajustados se encuentran traslapadas para 15° y ambos tamaños de semilla, confirmando que no existe diferencia entre los datos experimentales de ambas replicas, a diferencia del caso de 0°, en donde claramente pueden observarse diferencias entre los datos experimentales, lo que provoca trayectorias distintas de cada modelo ajustado. El mismo fenómeno se aprecia para ambos tamaños de semilla.

Finalmente, despejando el tamaño de la partícula de la Ecuación (1) se obtiene el tamaño promedio en % volumen D(4,3). MATLAB 2014b® calcula también la desviación estándar de la pendiente del modelo, la cual se emplea en el cálculo de la S(4,3). En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos para la velocidad de sedimentación (v_{st}), D(4,3) y S(4,3) calculadas con la metodología propuesta. También se presentan D(4,3) y S(4,3) obtenidas mediante el empleo de un equipo MasterSizer 2000®. Se obtienen en promedio una D(4,3) de 107.50 μm y S(4,3) de 34.4 μm, lo cual corresponde a los valores esperados del tamaño de los cristales de azúcar retenidos en el tamiz número 150 UM. Para los cristales de azúcar retenidos en el tamiz 180 UM, se obtiene una D(4,3) de 112.50 μm y S(4,3) de 40 μm.

Tabla 3. DTC calculada y validación

Experimento	Θ	LUMiReader®				MasterSizer 2000®	
		v_{st}	$\overline{v_{st}}$	D(4,3)	S(4,3)	D(4,3)	S(4,3)
A1	0°	665.4 μm/s	662.2110 μm/s	108.73 μm	34.3 μm	108.13 μm	56.53 μm
A2		659 μm/s					
B1	15°	610 μm/s	632.1515 μm/s	106.23 μm	32.5 μm	108.13 μm	56.53 μm
B2		654.3 μm/s					
C1	0°	765.6 μm/s	723.4306 μm/s	113.64 μm	47.6 μm	112.17 μm	55.28 μm
C2		681.3 μm/s					
D1	15°	671.7 μm/s	695.2873 μm/s	111.41 μm	32.4 μm	112.17 μm	55.28 μm
D2		718.9 μm/s					

Se obtienen errores dentro del rango de 0.55 – 1.75 % con respecto a la D(4,3) obtenida con el equipo MasterSizer 2000®, lo que confirma que la técnica propuesta determina satisfactoriamente la DTC. Para el caso de la S(4,3), existe una diferencia significativa, debido a que el MasterSizer 2000® es capaz de determinar curvas de distribución bimodal, en contraparte, la técnica propuesta únicamente determina curvas unimodales, calculando una S(4,3) menor.

La Figura 4 presenta imágenes microscopias de las semillas empleadas tomadas con objetivo de 4X usando etanol anhidro. Se observa la presencia de polvos finos obtenidos como resultado de la trituration del azúcar comercial, lo que genera una población de partículas pequeñas, incrementando la S(4,3). Para evitar este efecto, se debe aplicar un lavado mecánico a la semilla que elimine los polvos finos.

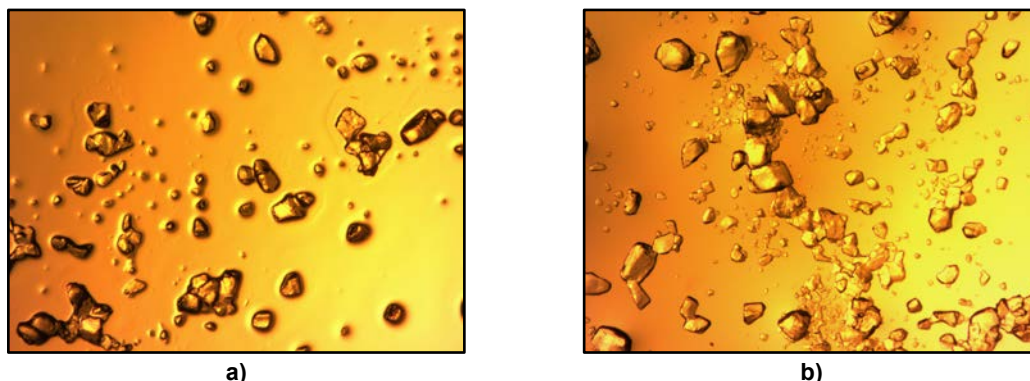


Figura 4. Imágenes microscopias de semillas de cristal: a) 150 μm y b) 180 μm

Agradecimiento

Al M.C. Adolfo Einar Luna Pérez y al Ing. Jorge Bello de Clariant Puebla, por las facilidades prestadas en el empleo del equipo MasterSizer2000®.

Trabajo a futuro

1. Realizar un estudio sobre el efecto del ángulo de medición sobre el tamaño de la partícula.
2. Estudio detallado para la selección del solvente adecuado de acuerdo al tamaño de partícula.
3. Cuantificación de DTC bimodal mediante la amplitud variable de intervalo de medición.

Conclusiones

La determinación de la distribución de tamaño de cristal (DTC) mediante la metodología de seguimiento de interfaz usando la tecnología STEP® (*Space- and Time- resolved Extinction Profiles*), presentada en este trabajo es adecuada al obtenerse errores en el rango de 0.55 – 1.75 % contra mediciones realizadas en un equipo especializado MasterSizer 2000®. La técnica es de bajo costo al requerir poco volumen de muestra y de solvente dispersante (6 ml), además de que no se requiere de calibraciones o ingreso de parámetros previo al análisis. Por otra parte, la posibilidad del equipo LUMiReader® de aplicar un ángulo a la celda ($0^\circ - 30^\circ$) permite acelerar el tiempo de medición hasta en un 50 % sin afectar los resultados. Por último, el solvente dispersante empleado en el análisis debe seleccionarse de acuerdo a su viscosidad y la D(4,3) esperada de la muestra, requiriendo una mayor viscosidad cuanto mayor sea la D(4,3) esperada.

Referencias

1. Detloff, T; Sobisch, T; Lerche, D. Particle size distribution by space or time dependent extinction profiles obtained by analytical centrifugation. *Part. Part. Syst. Charact.* **2006**, (23) 184-187.
2. Hojjati, H; Sheikhzadeh, M; Rohani, S. Control of supersaturation in a semibatch antisolvent crystallization process using a fuzzy logic controller. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2007**, (46) 1232-1240.

3. Larsen, P A; Rawlings J B. The potential of current high-resolution imaging-based particle size distribution measurements for crystallization monitoring. *AIChE Journal*. **2009**, (55) 896-905.
4. Mohd, R; Baka, A; Nagy, Z. K; Saleemi, N. A; Rielly, D. C. The impact of direct nucleation control on crystal size distribution in pharmaceutical crystallization process. *Crystal Growth & Design*, **2008**, (9) 1378-1384.
5. Bolaños, R E; Sánchez, S K B; Urrea G G R; Ricardez S L A. Dynamic modeling and optimization of batch crystallization of sugar cane under uncertainty. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2014**, (53) 13180-13194.
6. Rohani, S; Horne, S; Murthy, K. Control of product quality in batch crystallization of pharmaceuticals and fine chemical. Part 1: Design of the crystallization process and the effect of solvent. *Org. Process. Res. Dev.*, **2005**, (6) 858-872.
7. SAGARPA. Panorama de la caña de azúcar. **2014**.
8. Sarkar, D; Rohan, S; Jutan A. Multi-objective optimization of seeded batch crystallization process. *Chem. Eng. Science*. **2006**, (61) 5282-5295.
9. Shukla, A; Prakash, A; Rohani, S. Online measurement of particle size distribution during crystallization using ultrasonic spectroscopy. *Chem. Eng. Sci.* **2010**, (65) 3072-2079.

Evaluación diagnóstica del sistema de agua potable de Ciudad Mendoza, Veracruz

M.A. Benítez Espíndola^{1*}, P. Quitl González², R.G. Trejo Pacheco², M.A. Herrera Hernández³, M.E. Fonseca Hernández⁴

¹Departamento de Ingeniería y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9 # 852, Col. Emiliano Zapata, C.P. 94320, Orizaba, Veracruz

²Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Orizaba

³Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Orizaba

⁴Residente Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Orizaba

*marcobe66@yahoo.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se realizó un diagnóstico de un sistema de agua potable, aplicando una metodología desarrollada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), basada en la determinación de parámetros específicos: porcentaje de hogares con conexión a la red de agua potable municipal, consumo anual de agua per cápita, continuidad del servicio de agua, calidad del agua, agua no contabilizada, cantidad remanente de años de balance hídrico positivo; sus valores se comparan con valores internacionales para priorizar problemáticas. Además se determinaron Coliformes totales y cloro residual en el punto de captación, punto de cloración, punto intermedio en la ciudad y punto final.

Los resultados muestran dos indicadores con valores fuera de aceptación, los análisis de laboratorio evidencian valores dentro de norma. Se desarrolló un Sistema de Información Geográfica (SIG), en el cual fueron ubicados los puntos de muestreo, así como la información de la infraestructura de la red.

Palabras clave: Indicadores BID, Coliformes totales, Cloro Residual.

Abstract

A diagnosis of a drinking water system was performed using a methodology developed by the Inter-American Development Bank (IDB), based on the determination of specific parameters: percentage of households connected to the network of municipal drinking water, annual water consumption per capita, water service continuity, water quality, unaccounted water, remaining number of years of positive water balance; their values are compared to international values to prioritize issues. Total Coliforms and residual chlorine were determined at the point of collection, chlorination point, intermediate point and end point city .

The results show two indicators with values outside of acceptance, laboratory tests show values within norm. Geographic Information System (GIS) was developed, which were placed the sampling points and the information network infrastructure developed.

Introducción

El agua es esencial para la vida. Mantiene las funciones de los organismos y de los ecosistemas; es el material de construcción de los seres vivos, el medio para transportar materia en el ambiente y facilita el flujo de energía a través de las circulaciones oceánica y atmosférica. Se requiere, además, para la producción de alimentos, cubrir las necesidades de agua potable de las poblaciones humanas, la higiene personal y la producción industrial y pesquera. Los ríos, lagos y los ecosistemas adyacentes a los cuerpos de agua también proporcionan servicios que incluyen el control de inundaciones, el transporte de personas y de bienes, la recreación, la purificación de aguas residuales municipales e industriales, la generación de energía y proporcionan hábitat para plantas y animales acuáticos (Jackson et al., 2001; Barón et al., 2002; UN-WWAP, 2006)..

De acuerdo con la Norma NOM-127-SSA1-1994, el agua potable es aquella que es apta para el consumo humano y que cumple con los requisitos físicos, químicos y microbiológicos establecidos en la norma. El presente proyecto pretende contar con una perspectiva cercana del sistema de agua potable de Cd. Mendoza; entre los beneficios esperados se encuentran: contar con un diagnóstico adecuado del sistema de agua potable de la ciudad, que permita en un futuro el planteamiento de posibles mejoras; los beneficiarios del proyecto serán las instancias gubernamentales tales como CAEV y el Ayuntamiento.

De manera breve, las actividades realizadas fueron:

- Recabar la información necesaria para determinar los indicadores del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Establecer las coordenadas geográficas de los puntos de muestreo de la red de agua potable.
- Para determinar la calidad del agua del sistema de agua potable, se requiere realizar análisis microbiológicos y químicos, por lo que se preparará el material y equipo necesario en el laboratorio previamente al muestreo.
- Se analizan las muestras de agua de puntos estratégicas de la red de abastecimiento. En el caso de cloro residual, se medirá a través de un kit específico para evaluar cloro residual en albercas e hidromasajes de la marca "Blue devil".
- Se analizan los resultados de laboratorio y los datos recabados en la Comisión del Agua del Estado de Veracruz y se realizan los cálculos correspondientes para conocer los valores de los indicadores.

Metodología

Recopilación de información

Se realizó la recopilación de acuerdo con la disponibilidad de tiempo del personal de la CAEV, postergándose en algunas ocasiones, por falta de tiempo o de accesibilidad a la información dentro de la Comisión. Se detectó la información necesaria y también se analizaron nuevas opciones para reunir los datos forzados para el cálculo de los indicadores, cuando no existían datos inmediatos conocidos. Se realizó un recorrido por la estación de bombeo con el fin para conocer las características de las bombas y de cloración, debido a que ahí es donde se lleva a cabo la desinfección. También existe un punto de rebombeo para las colonias que se encuentran a una altura mayor geográficamente.

Localización geográfica de la red

Se realizaron recorridos por la ciudad con el fin de detectar los puntos adecuados para el muestreo, considerando como prioridad verificar el efecto del cloro como desinfectante en el agua suministrada, y determinar el cloro residual en diferentes puntos de la ciudad con el transcurso del tiempo de cloración y la distancia recorrida del agua por las tuberías, para evaluar la calidad del agua que se suministra. Los 4 puntos estratégicamente seleccionados del sistema de distribución de agua: en el punto de captación, en el punto de cloración, un punto intermedio de la ciudad, un extremo de la ciudad

Plan de muestreo y muestreo

Se prepararon frascos estériles para el muestreo de agua optando por frascos estériles comerciales. También se utilizó una hielera con el fin de preservar las muestras en temperaturas bajas (alrededor de 4°C) con el fin de inhibir la reproducción bacteriana en el transcurso al laboratorio para sembrar la muestra. Al finalizar el muestreo, se obtuvieron 4 muestras representativas de los diferentes puntos establecidos con anterioridad. Cada frasco fue debidamente etiquetado con plumón indeleble con fecha, hora y punto de muestreo.

Determinación de la calidad del agua

Los parámetros fundamentales para medir la calidad de agua son el cloro residual y el análisis microbiológico de coliformes totales y fecales.

Determinación de cloro residual

Se realizó in situ con un kit comercial para la determinación de cloro residual de la marca "Blue devil".

Determinación Coliformes totales

Se realizó siguiendo la técnica de Número más probable preparando el material necesario previamente al muestreo. Para esta prueba, se utilizó caldo lactosado, usando 13 g por cada litro de solución. La muestra fue sembrada en los tubos correspondientes con caldo lactosado y se revisaron a las 24 horas y 48 horas, debido a que algunas bacterias fermentan la lactosa en 48 horas. Los tubos se consideran positivos si existe gas en las campanas de Durham. El número de unidades formadoras de colonias (UFC) se obtiene de las tablas correspondientes existentes en la norma NMX-AA-042-1987, de acuerdo con el número de tubos positivos.

Coliformes fecales

De los tubos que resultaron positivos en coliformes totales fueron resembrados en caldo bilis verde brillante al 2% y se incubó a $45 \pm 0.5^\circ\text{C}$. Nuevamente se revisaron a las 24 horas y 48 horas. Los tubos con gas en la campana de Durham se cuentan positivos. El número de UFC se obtiene de tablas.

Indicadores de Ciudades Emergentes Sustentables

Porcentaje de hogares con conexiones domiciliarias (%)

Es el porcentaje de hogares con conexiones domiciliarias a la red de agua de la ciudad. El departamento comercial de la empresa suministradora de agua contará con una base de datos actualizada de la cantidad de clientes residenciales.

Consumo anual de agua per cápita

Es el consumo anual de agua per cápita de personas cuyas viviendas tienen conexión a la red de agua de la ciudad (en litros/persona/día). Este indicador se obtiene generalmente por medio de los registros de facturación que indican la cantidad de metros cúbicos medidos en un período determinado. Esta cantidad de agua luego se divide por la población total relacionada con las viviendas incluidas en las cifras facturadas.

Continuidad del servicio de agua

Es el promedio anual de la cantidad de horas diarias de suministro continuo de agua por hogar (en horas/día), el valor se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$x = 24 - \left(\frac{\sum_{i=1}^{365} \text{hrs de interrupciones en el día} * \text{Fracción de viviendas afectadas}}{365} \right) \text{ Ec 2.1}$$

Este indicador se determina o calcula en función de la disponibilidad de información operativa de la empresa suministradora de agua. Si el departamento de operaciones de la red mide los flujos en los diferentes sectores de la ciudad, dicho indicador podría determinarse directamente. Si no hay información directa disponible, el departamento comercial puede obtener esta información de sus registros de quejas de clientes relativas al servicio.

Calidad del agua

Es el porcentaje de muestras de agua en un año que cumplen con las normas nacionales de calidad del agua potable. Un laboratorio interno o externo realiza el análisis. La unidad de operaciones de la empresa suministradora de agua llevará registros de los resultados históricos de las muestras de agua. Por lo general, la cifra del indicador de la calidad del agua se calcula como un promedio mensual.

Agua no contabilizada

Es el porcentaje de agua que se pierde del agua tratada que ingresa al sistema de distribución y que el proveedor de agua registra y factura. Este porcentaje comprende pérdidas reales de agua (p. ej., fugas en las tuberías) y pérdidas de facturación (p. ej., medidores de agua rotos, falta de medidores de agua y conexiones ilegales). Por lo general, las empresas suministradoras de agua lo calculan de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Volumen de agua suministrada} - \text{volumen de agua facturada}}{\text{volumen de agua suministrada}} = (\%) \text{ Ec. 2.2.}$$

Las cifras relativas al consumo de agua podrían obtenerse del departamento comercial de la empresa suministradora de agua. El volumen de agua distribuida podría obtenerse de la unidad de producción del

departamento de operaciones. Si no se dispone de datos suficientes, puede utilizarse información de contextos comparables o cálculos de las empresas suministradoras de agua.

Número de años remanente con Balance de agua positivo

Es la cantidad remanente de años de balance hídrico positivo, considerando la oferta de agua disponible (teniendo en cuenta los ciclos hidrológicos) y la demanda de agua (usos previstos, incluidos los usos de la población, el sector industrial, los caudales ecológicos, etc.). La cantidad de recursos disponibles de agua dulce se determina mediante estudios hidrológicos que son generalmente llevados a cabo por la institución responsable de los recursos hídricos.

Resultados y discusión

Se realizó como análisis para determinar la calidad inicial de agua cruda, la técnica de coliformes totales y fecales. Los resultados son los siguientes:

Tabla 1. Determinación de coliformes Totales y fecales en NMP/100 ml

Coliformes Totales		Coliformes Fecales	
24 hrs.	48 hrs.	24 hrs.	48 hrs.
240	460	75	75

La determinación de coliformes en la fuente de abastecimiento toma gran importancia debido a que dependiendo de sus características principalmente bacteriológicas, es el tratamiento que el agua debe recibir para ser potabilizada. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, existen criterios de calidad de agua mediante términos bacteriológicos para la destinación del agua de acuerdo con los diferentes usos que el hombre le da a la misma, y plantea que el agua es potable por desinfección, siempre que se tengan menos de 2000 NMP de coliformes totales por cada 100 ml, sin considerar importante el conteo de coliformes fecales. Mientras que el México, en el acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001/89) se mantienen límites permisibles del 1000 NMP por cada 100 ml de coliformes fecales para que el agua pueda emplearse como fuente de abastecimiento. Como se desprende del párrafo anterior y los resultados de la fuente de abastecimiento, la fuente de abastecimiento empleada en Cd. Mendoza cumple con suficiencia la Normatividad aplicable

Tabla 2. Resultados de cloro residual

Punto de muestreo	Cloro residual
Punto 1	1-1.5 mg/l
Punto 2	1 mg/l
Punto 3	0.6-1 mg/l

Los resultados se obtienen en rangos debido a que el kit de muestreo sólo tiene la coloración indicando concentraciones por rangos, y el color obtenido de la muestra es de tonalidad intermedia. Como puede observarse los valores cumplen con los límites permisibles señalados en la Norma

Determinación de Coliformes







Tabla 3. Determinación de coliformes totales

Punto de muestreo	Coliformes totales NMP/100 ml
1	0
2	0
3	0

Como puede desprenderse de los valores obtenidos, la desinfección resulta eficiente y los resultados se corresponden con los valores de cloro residual.

Indicadores de la Iniciativa Ciudades Emergentes

Tabla 4. Resultado de los indicadores BID

Indicador	Resultados	Valores BID	Escala de color
Porcentaje de hogares con conexiones domiciliarias a la red de agua de la ciudad	98%	90-100 %	
Consumo anual per cápita	160.82 l/día*hab	120-200	
Continuidad del servicio de agua	13 horas/día	12-20 hrs/día	
Calidad del agua	98-100%	>97%	
Agua no contabilizada	53.13%	>45%	
Cantidad remanente de años de balance hídrico positivo	Más de 10	>10	

En el caso de los indicadores de la ICES, mayormente se encuentran en “color verde” lo que indica la buena calidad del servicio de agua potable para Ciudad Mendoza, estos indicadores son: Porcentaje de hogares con conexiones domiciliarias a la red de agua de la ciudad, consumo de agua per cápita, calidad de agua y Cantidad remanente de años de balance hídrico positivo. La continuidad del servicio de agua se encuentra en fase “amarilla”, debido a que las horas de servicio de bombeo de agua podrían aumentar para mejorar el servicio, sin embargo, la población cuenta con tanques de almacenamiento de agua, lo que reduce el impacto de las horas sin agua, además de que las horas sin agua son mayormente por la noche, cuando el uso de agua disminuye notablemente. El caso del agua no contabilizada, representa una señal de alarma, pues aparentemente el desperdicio de agua es elevado, esto se debe a que la cantidad de agua facturada para calcular este indicador fue aproximada, y puede no representar el volumen real, pues no se cuenta con medidores de gasto en la toma domiciliaria

Trabajo a futuro

El trabajo concluye con la generación del Sistema Información Geográfica, el cual pretende ser una herramienta que ayude a gestionar la información relativa al sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad; dicho Sistema maneja desde infraestructura, características, bitácoras de mantenimiento, historial de análisis. En la Figura siguiente se ilustra dicho Sistema, donde se aprecia la localización geográfica de la Infraestructura, así como las opciones de manipulación de la información que se gestiona mediante el SIG. El organismo operador deberá capturar la información faltante y/o actualizar el SIG.

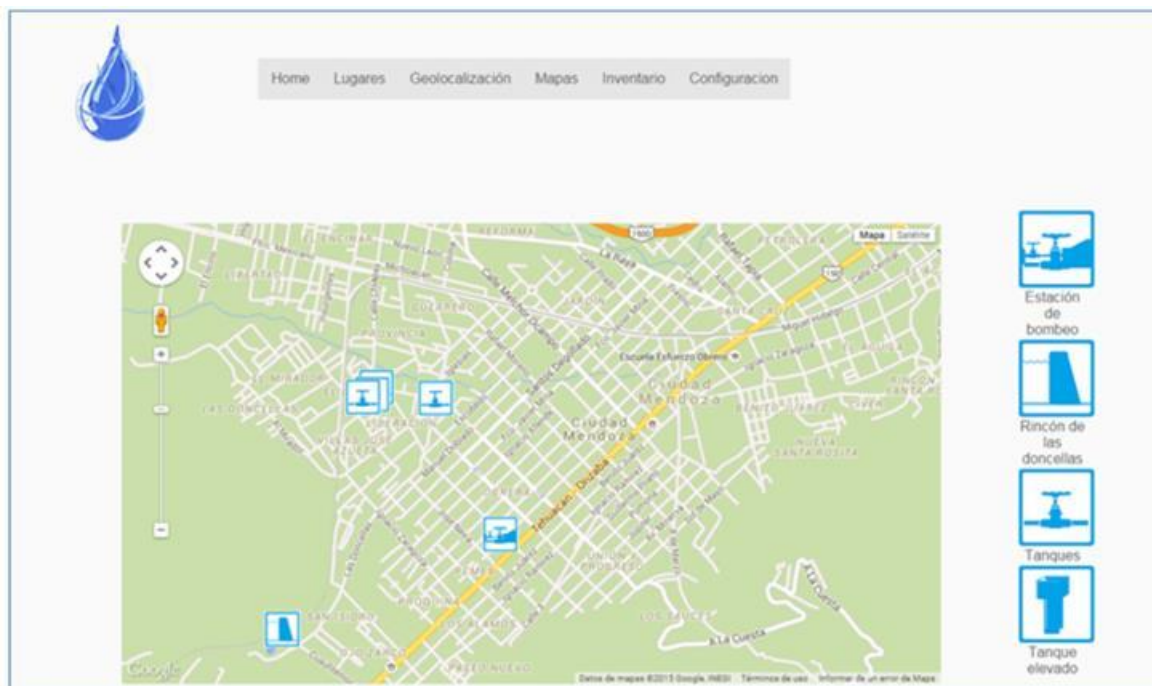


Fig. 1. Vista principal del SIG

Conclusiones

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, existen criterios de calidad de agua mediante términos bacteriológicos para la destinación del agua de acuerdo con los diferentes usos que el hombre le da a la misma, y plantea que el agua es potable por desinfección, siempre que se tengan menos de 2000 NMP de coliformes totales por cada 100 ml, sin considerar importante el conteo de coliformes fecales. Mientras que el México, en el acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001/89) se mantienen límites permisibles del 1000 NMP por cada 100 ml de coliformes fecales para que el agua pueda emplearse como fuente de abastecimiento. Por lo que la presa de Ojo Zarco cumple con los lineamientos de la OMS y los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (CE-CCA-001/89) para ser usada como fuente de abastecimiento y para tratarse únicamente por desinfección.

En el punto de captación se encontró que la mayor parte del agua no se aprovecha para abastecimiento, este recurso se canaliza a una presa cercana y a otros cursos de agua, lo cual no es deseable, dado que en esos cauces se contamina.

Deberán evaluarse alternativas para el agua que no se aprovecha en la captación, tales como construcción de lagunas de absorción o alguna similar, para no permitir los cauces se mezclen y continúe contaminándose el recurso

La racionalidad en el servicio de bombeo obedece a argumentos económicos, dado que después de las 6 pm, la tarifa de la energía eléctrica se incrementa, en este sentido habrá que evaluar posteriormente las alternativas que pudiesen solventar esta situación. Entre dichas alternativas podría contemplarse la edificación de tanques elevados en puntos estratégicos de la población, que abasteciese a la población; por otro lado evaluar la posibilidad de desarrollar un programa de cambio y/o habilitación de tinacos o cisternas domiciliarias, con la participación de la comunidad y autoridades gubernamentales; programa semejante al implementado por la Comisión Federal de Electricidad, mediante el cual se apoyaba el cambio de focos tradicionales por ahorradores y electrodomésticos de bajo consumo eléctrico.

Agradecimientos

A la Comisión de Agua del Estado de Veracruz, al Instituto Tecnológico de Orizaba

Referencias

Banco Interamericano de Desarrollo. Guía Metodológica de la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles." 2da Edición. 2014.

Banco Interamericano de Desarrollo. Guía Metodológica de la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles. Anexo 2." 2da Edición. 2014.

http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/07_agua/cap7_2.html

<http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=63&n3=98&n4=98>

http://datateca.unad.edu.co/contenidos/100104/100104_EXE/leccin_6_investigacin__exploratoria_descriptiva_correlacional_y_explicativa.html

http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/indicadores14/conjuntob/02_agua/02_introduccion.html

http://es.wikipedia.org/wiki/Banco_Interamericano_de_Desarrollo

<http://www.mendoza.gob.mx/municipio/historia.html>

<http://www.iadb.org/es/acerca-del-bid/acerca-del-banco-interamericano-de-desarrollo,5995.html>

<http://www.iadb.org/es/paises/mexico/estrategia-de-pais,1078.html>

<http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/historia/historia-tratamiento-agua-potable.htm>

<http://www.mendoza.gob.mx/municipio/localizacion.html#>

<http://www.mendoza.gob.mx/municipio/datos-generales.html>

Orellana, Jorge. Abastecimiento de agua potable. México. 2002.

Ramos Pérez, Carlos Javier. Presencia de coliformes totales y fecales en el río MatlacobatI, Xico, Veracruz, México. Tesis Licenciatura. 2011.

Rodríguez Ruíz, Pedro. Abastecimiento de Agua. Instituto Tecnológico de Oaxaca, México, 2001

Gases de efecto invernadero generado por el consumo de gasolinas en el estado de Tabasco

E. Del Ángel Meraz*, M.J. García Marín, A. E. Cruz Pérez, Ma. G. Rivera Ruedas, D.M. Frías Márquez

Cuerpo Académico de Ciencias de la Ingeniería y de Materiales, División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma De Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, Km. 1, Col. La Esmeralda, C.P. 86690. Cunduacán, Tabasco, México. *profesordaiiq@yahoo.com.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se realizó un Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generado por las Fuentes Móviles que consumen gasolinas y circulan en el estado de Tabasco, para el periodo 2009-2011. Se utilizaron las bases de datos de combustibles reportados en el Sistema de Información Energética. Para el cálculo de emisiones de GEI se utilizó el Método del Panel Intergubernamental de Cambio Climático 1996. Los resultados mostraron que se generaron los siguientes contaminantes: Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono, Óxidos de Nitrógeno, Bióxido de azufre, Óxido Nitroso y Metano. Se puede concluir que el combustible que mayores emisiones aporta de GEI es la gasolina Magna. El porcentaje emisiones totales de gases efecto de invernadero en el periodo evaluado, tuvieron el siguiente orden de mayor a menor: el CO₂ con un 92.54%, seguido por el COVDM con 3.83 %, el CO con un 2.04% y el NO_x con 1.53% de las emisiones totales, y los menores porcentajes de emisiones correspondieron a el CH₄ con 0.05 % y N₂O con 0.0015% de las emisiones totales.

palabras clave: gases de efecto invernadero, fuentes móviles, gasolinas, inventarios

Abstract

An inventory of emissions of Greenhouse Gases (GEI) generated by mobile sources that consume gasoline and circulate in the State of Tabasco, for the period 2009-2011 was carried out. The databases of fuels reported in the energy information system were used. For the calculation of GEI emissions was used the method of the Intergovernmental Panel on Climate Change 1996. The results showed that the following pollutants are generated: carbon dioxide, carbon monoxide, nitrogen oxides, sulfur dioxide, nitrous oxide and methane. It can be concluded that the fuel that brings greater emissions of GEI is Magna gasoline. The percentage emission total gas greenhouse in the evaluated period, had the following order of major minor: CO₂ with a 92.54%, followed by the COVDM with 3.83%, CO with a 2.04% and NO_x with 1.53% of total emissions, and lower percentages of emissions corresponded to CH₄ with 0.05% and N₂O with 0.0015% of the total emissions.

Introducción

El calentamiento global es un fenómeno que consiste en el aumento de la temperatura superficial del planeta debido al exceso de concentración de ciertos contaminantes atmosféricos, llamados Gases Efecto Invernadero (GEI) tales como bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitrosos (N₂O), hidrofluorocarburos (HFC's), etc. Cuando este desequilibrio atmosférico es de origen antropogénico, debido a las actividades del ser humano tales como el uso y obtención de energía, industria, uso y explotación de los recursos naturales, toma una importancia relevante en las cuestiones socioeconómicas y de desarrollo de los países, ya que las consecuencias de este cambio climático compromete la sustentabilidad de los ecosistemas [PNUMA, 2001].En

respuesta a esta situación, en 1988, se constituyó el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) por medio del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Meteorológica Mundial. Entre sus actividades más importantes está fomentar la realización de Inventarios de Emisiones que permitan evaluar la situación actual y proponer alternativas para su mitigación. México, por su parte, realizó el Inventario Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero [INEGI, 1990] conforme a lo establecido dentro del Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) [CONABIO, 2002].

Sin embargo no existen inventarios de GEI a nivel estado de Tabasco, por lo tanto en este trabajo forma parte de un Inventario de los Gases de Efecto Invernadero que son generados por las Fuentes Móviles que utilizan gasolinas Premium y Magna [Del Angel, 2012]. Para los determinar las emisiones se aplican las Metodologías del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático [IPCC, 1996; SEMARNAT, 2001]

Metodología

Recopilación y creación de bases de datos.

Los datos del consumo de combustibles se obtuvieron del Sistema de Información Energética [SIE, 2009, 2010, 2011]. Se diseñó una base de datos en Excel, con el consumo de combustible y se realizaron las conversiones a unidades de energía (TJ). Con esta información se procede a realizar los cálculos de GEI con el software del IPCC 1996.

Estimaciones de CO₂ con la Metodología IPCC 1996

Para estimar las emisiones de CO₂ procedentes de fuentes móviles que utilizan gasolinas, se utilizó el Método de Nivel 1 [IPCC 1996], se calcularon las emisiones de CO₂, de acuerdo a la información estadística del consumo de combustible se convierten a unidades de energía, multiplicándolo por los factor de emisión para obtener el contenido de carbono, se calcula el carbono almacenado, se multiplica para obtener el carbono no oxidado y finalmente convirtiendo el carbono oxidado a emisiones de CO₂. Este método se describe en la ecuación:

$$\text{Emisiones} = \sum_j [(\text{Factor de emisión } j \cdot \text{Combustible consumido } j) - \text{Carbono almacenado}] \cdot \text{Fracción oxidada } j \cdot 44/12$$

Dónde: j = tipo de combustible

Resultados y discusión

Consumo de gasolinas

Los volúmenes de consumo de la Gasolina se obtuvieron del Sistema de Información Energética [SIE, 2009.2010.2011] para el estado de Tabasco, los datos se encontraron en m³, se procede a hacer la conversión a unidades de energía o Tera Joule (TJ), para poder realizar los cálculos. En la Tabla 1 se muestran los datos del consumo de gasolinas para los años 2009-2011, podemos observar que en el año 2009 el consumo de la gasolina Premium fue más elevado en comparación, con los años siguientes.

Tabla 1. Consumo de gasolinas en el estado de Tabasco en TJ

Combustible	2009	2010	2011
Pemex Magna (TJ)	27695023.92	28119646.13	29074754.06
Pemex Premium (TJ)	2526706.90	2089974.00	2180200.15

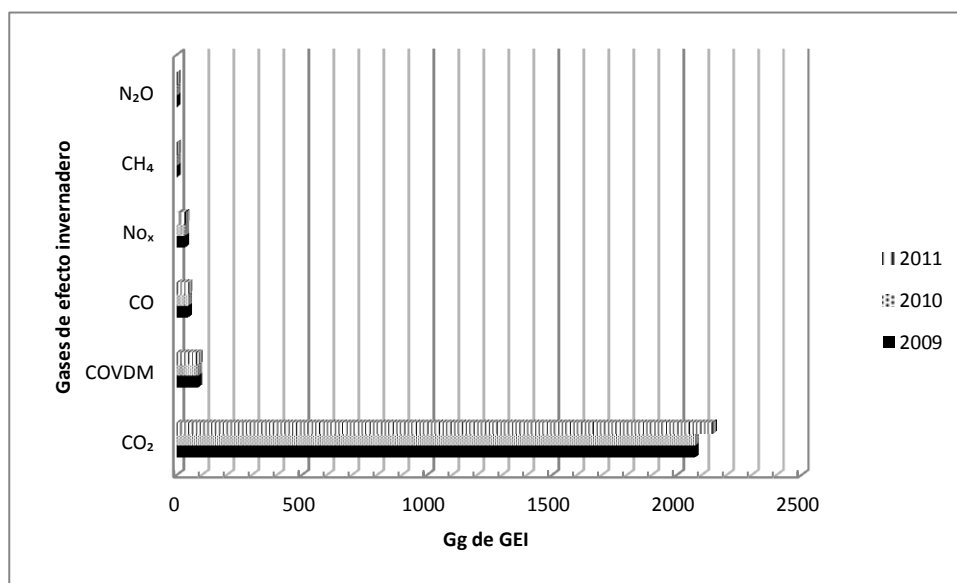
Cálculos de GEI por el consumo de Gasolinas

Para el cálculo de emisiones de GEI debido al Consumo de gasolinas se utilizaron los datos de volumen de ventas convertido a unidades energéticas (Tabla 1), los valores obtenidos se multiplican por los datos de Poder calorífico neto de las Gasolinas y en el software del IPCC 1996 se obtienen las emisiones de GEI por tipo de Gasolina en unidades de Gigagramos como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 Emisiones de GEI (Gigagramos) debido al consumo de Gasolinas Magna y Premium (2009-2011)

Año	Combustible	CO ₂ (Gg)	COVDM (Gg)	CO (Gg)	No _x (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)
	2009	Gasolina Magna	1900.07	78.68	41.962	31.471	1.05
	Gasolina Premium	173.35	7.179	3.829	2.871	0.096	0.003
	Total	2073.42	85.859	45.791	34.342	1.146	0.034
2010	Gasolina Magna	1929.2	79.886	42.606	31.954	1.065	0.032
	Gasolina Premium	143.39	5.938	3.167	2.375	0.08	0.002
	Total	2072.59	85.824	45.773	34.329	1.145	0.034
2011	Gasolina Magna	1994.73	82.6	44.053	33.04	1.101	0.033
	Gasolina Premium	149.58	6.194	3.303	2.478	0.083	0.002
	Total	2144.31	88.794	47.356	35.518	1.184	0.035

De las emisiones debido al consumo de las gasolinas, se observa que la Magna es la que emite mayor cantidad de GEI, esto también se debe a que es la gasolina que más se consume (Tabla 1). Se observa además que el CO₂ es el gas que más se emite en el año 2011 en comparación con el 2009, seguido por los COVDM y los NO_x. En la Figura 1 se muestra la cantidad total de GEI, generados por las dos gasolinas, se observa que en los tres años la máxima concentración de CO₂ es en el año 2011, seguida por la emisión de COVDM y el CO.



Conclusiones

Las emisiones de GEI, van en aumento del año 2009 al año 2011, con valores de 2,240.59 Gg a 2,317.19 Gg respectivamente, siendo ligeramente mayor las emisiones en el año 2011.

Las emisiones de gases efecto de invernadero generado por las fuentes móviles por el consumo de gasolinas tuvieron el siguiente % de mayor a menor: el CO₂ con un 92.54%, seguido por el COVDM con 3.83 %, el CO con un 2.04% y el NO_x con 1.53% de las emisiones totales, y los menores porcentajes de emisiones correspondieron a, CH₄ con 0.05 % y N₂O con 0.0015% de las emisiones totales.

Agradecimientos

A la SERNAPAM, Tabasco y a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco por el apoyo financiero para realizar este proyecto.

Referencias

1. PNUMA (2000). Acción por el ozono. Secretaría del Ozono. PNUMA.
2. INEGI (1990). Inventario Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero 1990-2002, Instituto Nacional de Ecología. Disponible en http://cambio_climatico.ine.gob.mx/pregfrecuentes.html#2
3. CONABIO (2002). El Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. *Biodiversitas* 44: 1-15.2002.
4. Del Angel –Meraz, E. (2012), Inventario de emisiones de fuentes contaminantes a la Atmósfera debido a Fuentes móviles. Reporte SEMARNAP.
5. IPCC (1996), Guías metodológicas para realizar inventarios de fuentes móviles. Panel Cambio Climático, disponible en; <http://www.ipcc.com>.
6. SEMARNAT (2011). Teoría y conceptos generales para elaborar inventarios verificables de emisiones de gases de efecto invernadero Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales <http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/fomento/documentos/2014/guia-inventaros-gei.pdf>
7. SIE (2009, 2010, 2011). Sistema de Información Energética. Secretaria de Energía, México. Disponible: [http:// http://sie.energia.gob.mx](http://http://sie.energia.gob.mx)

Extracción de la cera de la grana cochinilla. Comparación del método Soxhlet y método ultrasónico

G. Ríos Cortés^{1*}, A. M. Ríos Cortés², R. M. Sales Chávez¹, L. A. Rivera Hernández¹, L. López Zamora¹,

¹Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Orizaba,

Avenida Oriente 9 Núm. 852, Colonia Emiliano Zapata. C.P. 94320., México

²CIBA-IPN, Tepetitla de Lardizábal, C.P. 90700, Tlaxcala., México

*gabrico0875@gmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Las ceras en la actualidad son de gran importancia, por definición una cera es un material que permanece sólido a 20°C, de apariencia suave o ligeramente rígida, sus puntos de fusión no son mayores a 40°C, el punto de fusión de la cera de grana cochinilla es de 94 – 97 °C. Los resultados muestran el efecto del tipo de solvente sobre la cantidad de cera extraída, su color y textura. Con el xileno se extrajo un promedio de 26.86% mientras que con hexano con un 13.35% de cera. Se compararon los dos métodos de extracción usando como solvente al xileno, el método de extracción tradicional conocido como Soxhlet obteniéndose un 29.9% de cera extraída a comparación con la extracción asistida con ultrasonido con un 18.65%, la cera obtenida con ultrasonido mostraba una mayor presencia de impurezas que la extraída por Soxhlet.

Palabras clave: grana, cera, extracción, ultrasonido.

Abstract

Waxes currently are of great importance, a wax is by definition a material that remains solid at 20 ° C, slightly soft or patterned appearance, their melting points are not higher than 40 ° C, the melting point of the cochineal wax is 94-97 ° C. The results show the effect of the solvent on the amount of extracted wax, color and texture. Xylene with an average of 26.86% in comparison with 13.35% hexane wax was obtained. The two methods of extraction using xylene as a solvent compared to the traditional method known as Soxhlet extraction yield of 29.9% compared to wax extracted ultrasound assisted extraction with 18.65%, the wax obtained with ultrasound showed increased presence impurities extracted by the Soxhlet.

Introducción

Las ceras son una mezcla de ésteres y alcoholes grasos, aunque diferente por el hecho de que tanto el alcohol como el ácido que la constituyen tienen cadena de hidrocarburos larga y lineal. Es estable a 20°C, la temperatura de fusión se encuentra arriba de 40°C. Las ceras pueden ser clasificadas según su origen en naturales de origen vegetal, animal y sintético. Las ceras naturales y sintéticas tienen muchas aplicaciones comerciales. En la naturaleza suelen ser productos cuya función biológica es servir como capa química protectora de frutas, (Stryer y col, 2008). La cera de cochinilla es un producto que aún no se le ha dado el uso adecuado, por lo que no tiene valor comercial establecido, dado a la falta de estudios y evaluaciones correspondientes. Sin embargo, investigaciones realizadas indican que la cera de cochinilla es un producto natural que presenta propiedades adecuadas para ser utilizados en el encerado de frutos de alta calidad y probablemente un buen sustituto de la cera de abeja y de candelilla. (Hernández, 2006), además contienen policosanoles componente utilizado en la industria farmacéutica (Keum y col, 2005). Uno de los procesos utilizados para la obtención de otros tipos de ceras es la extracción. Bogdanov y col., (2004), realizaron extracción por dos métodos distintos: fundición y extracción química por solventes como gasolina y xileno, producción y caracterización de la cera creada por la abeja, dentro de la caracterización se buscó la composición y control de calidad de la cera. Magdy y col., (2011), realizaron la separación de algunos fragmentos de cera de parafina utilizando la técnica de extracción con disolvente, su técnica se basó en distintas temperaturas y distintos solventes de extracción. En este trabajo se evalúan dos procesos de extracción, el primero es una extracción convencional por método Soxhlet y el segundo

es la extracción asistida por ultrasonido. En ambos procesos de extracción la selección de los solventes de extracción, está en función de la solubilidad de estos compuestos, así como también del interés del producto que se pretende recuperar, en este caso se necesita recuperar la cera presente en la *Dactylopius Coccus* (grana cochinilla) por lo cual se deben de elegir entre solventes orgánicos no polares y así solo se arrastrará la cera de la cochinilla, y no los pigmentos.

Metodología

Materiales

El xileno y hexano usados fueron grado reactivo marca Baker. Las ninfas de la grana cochinilla fueron proporcionadas por el CIBA-IPN.

Extracción sólido-líquido en equipo Soxhlet

Se montó el equipo Soxhlet, se pesaron 5 g de la muestra previamente seleccionada y se añadió en el cartucho de papel filtro colocándolo en la cámara de extracción, se miden 100 mL del agente extractor, xileno y hexano, por separado, para su comparación.

Extracción asistida por ultrasonido

Se acondicionó el equipo de Ultrasonido agregándole agua hasta el nivel indicado por el mismo, después se pesaron 5 g de la muestra previamente seleccionada y se añadió en el matraz de 150 mL, se miden 100 mL del agente extractor, en este caso xileno y hexano, por separado, para su comparación. Una vez que se acondicionó el equipo y se adicionó la muestra en el matraz, colocar el matraz dentro del baño del equipo hasta cubrir el nivel del solvente con el agua, no permitir que el agua entre en el matraz, se ajustó el temporizador al máximo de 60 min, pasado el tiempo se volvió a ajustar a 60 min hasta juntar 120 min en el proceso de extracción.

Cristalización del producto extraído.

Se cristalizó en un rotavapor, manteniendo el baño termostático a 90°C temperatura máxima, el tiempo de cristalización es de 20 min aproximadamente, una vez que concluyó el lapso se retiró el matraz del rotavapor y se procedió a pesar el producto obtenido.

Determinación del punto de fusión por el método de tubo de Thiele

Se coloca la muestra compactada en el capilar con una altura de 2 mm aproximadamente. Teniendo el capilar ya preparado se unió el termómetro mediante un trozo de manguera de hule. Se coloca el tubo capilar a la misma altura del bulbo del termómetro. Se llenó el tubo Thiele con aceite de nujol (mineral) hasta cubrir la entrada superior del brazo lateral, se colocó el termómetro con el capilar en el tapón de corcho horadado, cuidando que el bulbo del termómetro y la muestra queden al nivel del brazo superior del tubo Thiele. Se aumentó la temperatura 10° C por minuto hasta su fundición inicial y final, se deja enfriar el aceite, se cambió la muestra y se procedió a determinar el punto de fusión procedente de la misma muestra pero con otro capilar.

Determinación del punto de fusión por el método de Fisher Johns

Se pulverizo la muestra orgánica de cera presente en la grana cochinilla, colocando la muestra en cubre objetos redondos se procedió a determinar el punto de fusión estimado, acelerando el calentamiento a 10 °C por minuto, permitió obtener el punto de fusión estimado de la cera, después se procedió a determinar el punto de fusión de la muestra pero a una velocidad de calentamiento de 2 °C por minuto, hasta su fusión.

Resultados y discusión

Comparación de los solventes de extracción

En la elección del solvente de extracción, se realizó una técnica por ponderaciones para elegir el mejor solvente de extracción, tomando en cuenta el índice de polaridad, punto de ebullición y solubilidad en agua, bajo estas consideraciones el solvente seleccionado fue el hexano con un rendimiento de 13.35%. Con el fin de mejorar el rendimiento de la extracción se comparó con el xileno. En la extracción realizada con xileno se obtuvo un rendimiento del 26.86%. En la Figura 1, se presenta la cera cristalizada, el producto extraído con xileno presenta una tonalidad amarilla, el producto extraído con hexano, presenta una tonalidad altamente blanca.



Figura 1. Cera de grana cochinilla cristalizada utilizando Hexano y Xileno.

En la Figura 2, se muestra el efecto de los solventes sobre el rendimiento de la extracción por medio de la dispersión de 12 extracciones realizadas con hexano y xileno. Los puntos azules muestran que el xileno oscila entre 24.5 y 35% de cera extraída aproximadamente, mientras que el hexano (puntos naranjas) se encuentra en el rango de 5% a 23%, realizando el promedio para los solventes xileno (Med. Xileno) y hexano (Med. Hexano) se obtiene: 26.86% y 13.35% de cera extraída respectivamente por lo tanto se decide que el mejor solvente de extracción es el xileno.

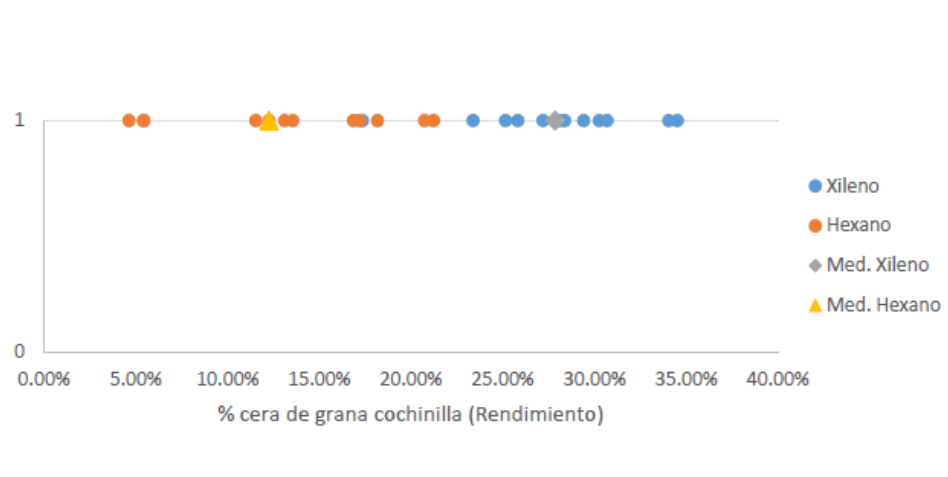


Figura 2. Diagrama de puntos, de la comparación de los solventes de extracción xileno y hexano

Comparación de los métodos de extracción

Se compararon los métodos con Ultrasonido y Soxhlet, con el objetivo de crear un método óptimo de extracción de la cera presente en la grana cochinilla, la variable principal a considerar es el rendimiento. En las extracciones realizadas (Figura 3) con el método Soxhlet se obtiene mejor rendimiento en comparación con el método Ultrasonido, el solvente que se ocupa en el proceso es el xileno, que es el mejor para las extracciones.

En la Figura 3 se observa que la cera extraída con Ultrasonido, presenta un color oscuro en comparación con la cera extraída con el equipo Soxhlet, esta presenta mejor apariencia en su color lo cual es importante para sus posibles usos en recubrimientos de frutas.



Figura 3. Comparación de cera extraída por los métodos de Soxhlet y Ultrasonido

En la Figura 4, se observan los resultados dispersos en un diagrama de puntos en los cuales se logra apreciar que los puntos azules correspondientes al método Soxhlet se encuentran en mejor porcentaje de rendimiento comparados con los de los puntos rojo correspondientes al método Ultrasonido, esto permite determinar claramente que el método Soxhlet es el mejor para la extracción de la cera. Se realizan las medias para el método Soxhlet (Med. Soxh) y Ultrasonido (Med. Ult): 29.90% y 18.65% respectivamente, confirmando que el método Soxhlet es el óptimo para esta extracción.

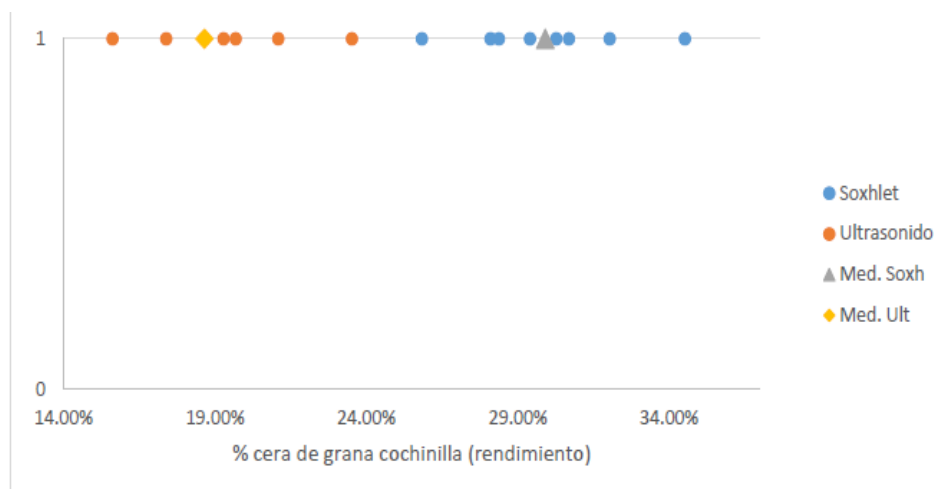


Figura 4. Diagrama de puntos.
Comparación de método de extracción utilizando xileno como solvente óptimo

Comparación significativa con variación de masa, por método Soxhlet

Se realizaron comparaciones para analizar si al variar la cantidad de muestra hay cambio significativo, manteniendo las mismas condiciones de operación. Se encontró que para muestra de 1 g se tiene una media de 30.36% (Med. 1g), para muestra de 3 g se tiene una media de 30.87% (Med. 3g), para muestra de 5 g se tiene una media de 30.57% (Med. 5g). Se observa que no hay cambios significativos si trabajamos con 1, 3 o 5 g, se calculó la media poblacional obteniendo el resultado de: 30.60%, la cual indica que el rendimiento siempre será en promedio de 30%. En la Figura 5, se presentan los datos obtenidos en porcentaje de la cera de cochinilla, en la cual se observan las medias calculadas anteriormente, permitiendo identificar que no hay cambios significativos en la variación de los gramos de muestra.

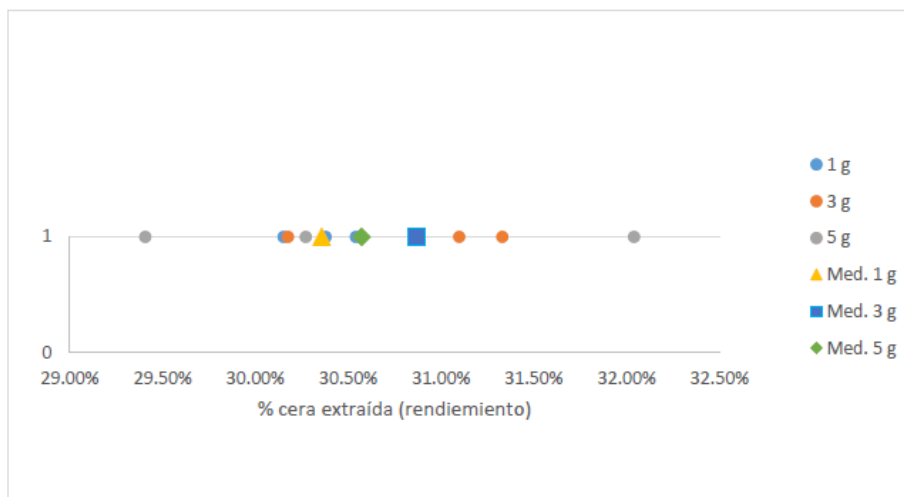


Figura 5. Diagrama de dispersión de puntos, comparación significativa en método Soxhlet

Comparación significativa con variación de masa por método ultrasonido

Se variaron los gramos de muestra en la extracción por Ultrasonido, para analizar si hay algún cambio significativo en la extracción. Se calculan las medias muestrales y poblacional obteniendo los siguientes resultados. Para muestra de 1 g tenemos una media de 20.61%, para muestra de 3 g se tiene una media de 20.82%, para muestra de 5 g se tiene una media de: 17.98%, esto es debido a que al aumentar la cantidad de masa las ondas del ultrasonido se ven obstruidas no permitiendo una extracción eficiente. Se observa que en el método por Ultrasonido si hay un cambio significativo al operar con 5 g de muestra, por lo tanto lo ideal será operar con 1 y 3 g. Se calcula la media poblacional: 19.80% y se puede analizar que hay una gran variación entre de las medias muestral del tratamiento 3. En la Figura 6, se muestra la comparación significativa con variación del método Ultrasonido, se observa que la media de 1 y 3 g no tiene varianza significativa y la media de 5 g presenta una diferencia del 13.5%.

Determinación del punto de fusión de la cera

Se determinó el punto de fusión de la cera presente en las ninfas de grana cochinilla, de los métodos Soxhlet y Ultrasonido, previamente purificadas, comparando los métodos del tubo de Thiele y de Fisher Johns. En la Tabla 1, se muestra la comparación de los puntos de fusión determinados para la cera extraída con método Soxhlet y Ultrasonido, se observa que en la cera del método Soxhlet no es el mismo resultado en las medias entre el método del tubo Thiele (94 – 97 °C) y el Fisher Johns (97 – 101 °C), la cera que se extrajo con el método Ultrasonido presenta resultados iguales en la media de los métodos del tubo Thiele (103 – 106 °C) y Fisher Johns (103 – 106 °C), en el punto de fusión se observa que la cera extraída con el método Soxhlet tiene mejor pureza, al

presentar un punto de fusión bajo (97 – 101 °C) que la del método Ultrasonico (103 – 106 °C), tomando como referencia la determinación con el equipo de Fisher Johns que es más exacto.

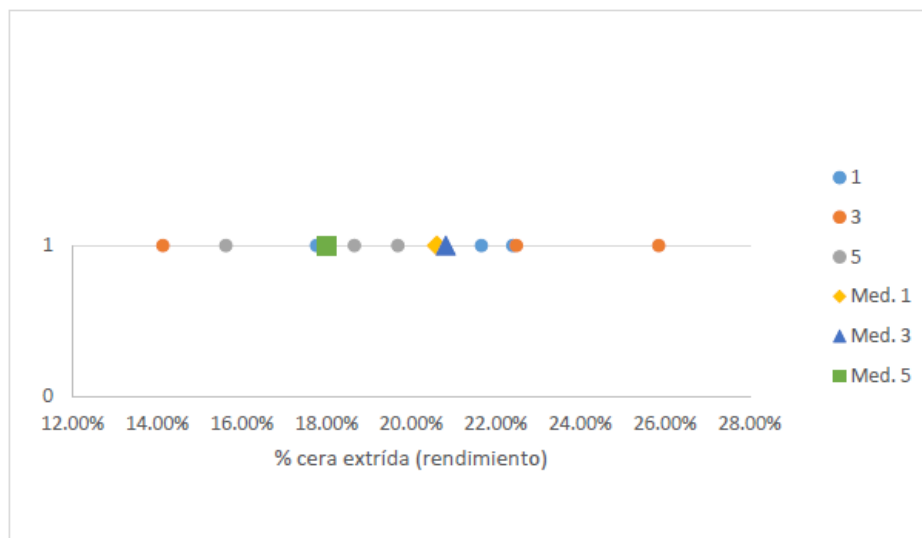


Figura 6. Comparación significativa de la variación de masa, método Ultrasonido

Tabla 1. Resultados de puntos de fusión método de Thiele y Fisher Johns

Método de extracción	Método para punto de fusión	Puntos de Fusión (°C)
Soxhlet	Fisher Johns	97-101
Soxhlet	Thiele	94-97
Ultrasonido	Fisher Johns	103-106
Ultrasonido	Thiele	103-106

En la Figura 7, se muestran los discos con cera fundida, se observa que la cera extraída con Ultrasonido (D) presenta muchas impurezas y no funde en su totalidad, la cera extraída con Soxhlet (C) se presenta fundida totalmente.

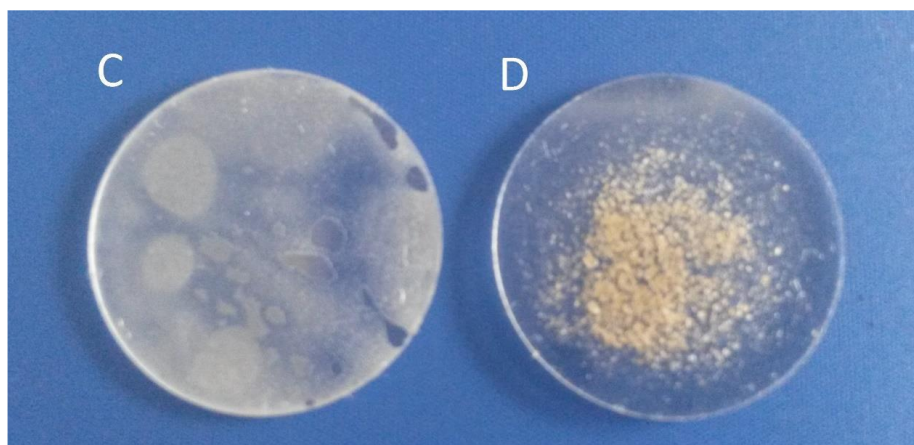


Figura 7. Comparación de punto de fusión por Fisher Johns, Soxhlet (C) y Ultrasonido (D)

Trabajo a futuro

Se propone detectar y cuantificar por cromatografía de gases los alcoholes grasos no volátiles y determinar si existe algún efecto del método de extracción con la composición de la cera de la grana cochinilla.

Conclusiones

Se logró la extracción de la cera de la grana cochinilla probando la extracción por método de Soxhlet y el método asistido por ultrasonido, como solventes de extracción se usó hexano y xileno. En la selección del solvente se determinó que el xileno proporciona mejor rendimiento en el proceso de extracción de la cera presente en la grana cochinilla. Se concluye que método Soxhlet es el mejor para la extracción de la cera, puesto que presenta mejores resultados en rendimiento. La temperatura es un factor muy importante en la extracción, durante la aplicación del proceso se observó que la extracción por Ultrasonido solo se mantenía en la primera hora entre 31 y 36 °C, y en la comparación por Soxhlet las temperaturas de operación oscilaban entre 140 y 160 °C, este factor de temperatura es el que define que el método idóneo para extracción de cera es el método Soxhlet. La extracción por Ultrasonido no permite controlar la temperatura, este es un factor en contra del método Ultrasónico, lo cual no permite la separación total de la cera. En conclusión, el mejor método de extracción es con el equipo Soxhlet, utilizando xileno como solvente de extracción proporcionando un rendimiento del 30% para una muestra de 5 g y 100 mL de xileno.

Agradecimientos.

Agradecemos al Instituto Politécnico Nacional (IPN) por su apoyo en la realización de este trabajo.

Referencias

1. Bogdanov, S.; Kilchenmann, V.; Seiler, K.; Pfefferli, H.; Frey, T.; Roux, B.; Wenk, P. and Noser, J. (2004). Residues of p-dichlorobenzene in honey and beeswax. *Journal of Apicultural Research*. (43)1:14-16.
2. Magdy, T, Zaky.; Nermen, H, M. and Amal, S, F. (2011). Separation of some paraffin wax grades using solvent extraction technique. *Fuel Processing Technology*. (92) 2024-2029.
3. Keum, T. H.; Ji, E, K. and Curtis, L, W. (2005). Policosanol Contents and compositions in wax-like materials extracted from selected cereals of Korean origin. *Cereal. Chem.* (82)3:242-245
4. Stryer, L.; Tymoczko, J. and Berg, J. *Bioquímica*. Editorial Reverté. 6a. Ed. 2008.
5. Hernández, G, B. (2006). Extracción y acetilación de los componentes de la grana cochinilla (*Dactylopius coccus Costa*). Tesis. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Síntesis hidrotérmica y caracterización mediante difracción de rayos-x de un nuevo polímero metal-orgánico poroso.

D. L. Avalos Morales, R. Peña Rodríguez, A. A. Morales Tapia, M. E. Márquez López, J. M. Rivera Villanueva*.
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Prolongación Oriente 6, No. 1009, Colonia Rafael Alvarado, CP 94340 Orizaba, Veracruz, México

*joserivera@uv.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se logró la síntesis y optimización de la reacción para la obtención de un nuevo polímero metal-orgánico (I) catena-((γ -5-nitrobenzeno-1,3-dicarboxilato-O,O',O'')-(γ -1,2-bis(4-piridil)-eten-N,N')-Cobalto II, mediante el uso de rampas de calentamiento en condiciones hidrotérmicas. La estructura de rayos-x del nuevo material (I) muestra que el átomo de cobalto se encuentra hexacoordinado con una geometría octaédrica distorsionada. Las posiciones apicales se encuentran ocupadas por 2 átomos de nitrógeno pertenecientes al ligante 1,2-Di(4-piridil)etileno, mientras que las posiciones ecuatoriales se encuentran ocupadas por 4 átomos de oxígeno derivados de los grupos carboxilato pertenecientes a 3 moléculas del ligante ácido 5-nitroisoftálico. Las distancias de coordinación alrededor del átomo de cobalto se encuentran en el intervalo de 2.034 a 2.290 Å. El material (I) además de presentar una alta porosidad y estabilidad térmica por arriba de los 350°C, exhibe en su estructura grupos carboxilato libres.

Palabras clave: Polímeros cristalinos, Rayos-x, Análisis estructural, Catálisis.

Abstract

We could achieve the synthesis and optimization of the reaction to obtain a new metal-organic framework (I) catena-((γ -5-Nitrobenzene-1,3-dicarboxylato-O,O',O'')-(γ -1,2-bis(4-pyridyl)ethane-N,N')-cobalt II by means of heating ramps in hydrothermal conditions. The X-ray structure of this new material (I) shows that the cobalt atom is hexacoordinated displaying a distorted octahedral geometry. The apical positions are occupied by 2 nitrogen atoms belonging to the ligand 1,2-Di(4-pyridyl)ethylene, while the equatorial positions are occupied by four oxygen atoms derived from the carboxylate groups which belong to three different molecules of the ligand 5-nitroisophthalic acid. The coordination bond distances around the cobalt atom are in the interval from 2.034 to 2.290 Å. In addition, the material (I) besides of showing a high porosity and a thermal stability beyond 350°C., exhibit in its structure free carboxylic groups.

Introducción

Los polímeros metal-orgánicos, o MOFs, se han convertido en una extensa clase de materiales cristalinos con porosidad ultra alta (hasta el 90% del volumen libre) y enormes superficies internas, que se extiende más allá de 10 000 m²/g [Furukawa y col., 2013]. La construcción de estos materiales está atrayendo mucha atención debido a las posibles aplicaciones de dichos compuestos en áreas tales como la separación, la catálisis, intercambio iónico, el almacenamiento de gases [Yagui y col. 1997], así como las interacciones hospedador-huésped para el acarreamiento de fármacos. Además, las aplicaciones biomédicas o el uso como materiales sensores están actualmente intensamente investigados. Igualmente, se han desarrollado diferentes metodologías para la síntesis de MOF que van desde la síntesis solvotérmica hasta la síntesis sonoquímica [Kitagawa y col., 2004].

Los materiales metal-orgánicos ofrecen grandes posibilidades para el diseño racional de sólidos con poros de tamaño definido, forma definida y ambiente químico deseado. Esto representa el llamado método de construcción de abajo hacia arriba. Sin embargo, la química sintética todavía no ha desarrollado una etapa en que las estructuras de los poros se pueden diseñar de manera específica. Por lo tanto, el enfoque sintético exploratorio sigue gobernando el campo, donde el descubrimiento de nuevos compuestos es mayormente

fortuito con los métodos contemplados por la crítica como "agitar y hornear" o "mezclar y esperar". Una gran motivación para los científicos, es que, para desarrollar estos materiales se requiere del desarrollo de técnicas de síntesis súper controladas, lo cual resulta complejo y extremadamente difícil.

Recientemente, el concepto de unidad de construcción secundaria (SBU) se ha desarrollado para la comprensión y la predicción de las diferentes topologías que obtienen las estructuras MOF. Yagui y colaboradores han definido el concepto de síntesis reticular, indicando reglas topológicas que rigen el diseño de tipos de compuestos MOF [Yagui y col., 2003].

Estos conceptos parten de la existencia de SBUs inorgánicos bien definidos y moléculas de unión orgánicas que mantienen su integridad estructural durante todo el proceso de construcción del sólido. Las diferentes combinaciones de unidades de componentes inorgánicos y moléculas de enlace orgánicas pueden formar por una fuerte unión estructuras ordenadas que muestran topologías de estructuras densas. Ferey y colaboradores han desarrollado estos conceptos aún más profundamente con la introducción de un enfoque computacional para la enumeración de los diferentes polímeros probables y accesibles desde los bloques de construcción. Ellos lograron demostrar la fuerza del método debido a que es posible definir estructuras conocidas en la bibliografía partiendo de sus bloques de construcción orgánicos e inorgánicos, y, curiosamente, también lograron predecir topologías para los materiales que aún no se han sintetizado [Mellot-Draznieks y col., 2004].

Un número significativo de trabajos sobre la construcción de polímeros de coordinación basados en el ligando 5-aminoisofalato (AIP) ya han sido reportado, los cuales se han centrado principalmente en los iones de metales de transición. Los iones lantánidos tienen una fuerte preferencia para unirse a átomos de O-donantes provenientes de carboxilatos, y el grupo amino libre tiene una potencial capacidad de formar puentes de hidrógeno con moléculas de disolvente. Por lo tanto, el ligando 5-aminoisofalato resulta ser bastante eficaz en la construcción de estructuras poliméricas metal-orgánicas porosas con átomos de lantánidos [Wu y col., 2002].

La química supramolecular también se ha informado en diferentes reportes para la construcción de MOF a partir de los mismos reactivos. Tal es la importancia de estos trabajos que ahora está atrayendo cada vez más interés, ya que ofrece una buena oportunidad para el desarrollo de nuevos materiales y lograr tener una mejor comprensión de las relaciones estructura-propiedad de los polímeros de coordinación. Sin embargo, considerando la amplia aparición de estructuras, la diversidad estructural y composicional durante el auto-ensamblaje, resultaría extremadamente difícil predecir la química supramolecular a partir de los componentes utilizados. [Zhang y col., 2009].

En cuanto a la síntesis de MOF, a menudo el término "diseño" se ha utilizado. Ha habido discusiones polémicas sobre este término y un punto de vista personal interesante se ha dado recientemente. La definición más estricta de "diseño", lo que implica "crear, moda, ejecutar, o construir de acuerdo al plan" (Diccionario Webster), por lo general no es aplicable en la síntesis de MOF. Sin embargo, la definición y sus implicaciones han ayudado a promover el campo. El conocimiento de posibles topologías, la funcionalidad de moléculas de unión sobre múltiples iones, así como la comprensión de los entornos de coordinación de metales típicos o las condiciones de formación de bloques típicos de construcción inorgánicos (a veces denominado como ladrillos) ayudan para entender y dirigir los esfuerzos de síntesis. El objetivo principal en la síntesis de MOF es establecer las condiciones de síntesis específicas que conducen a bloques de construcción inorgánicos bien definidos sin descomposición del enlazador orgánico. Al mismo tiempo, la cinética de cristalización debe ser apropiada para permitir la nucleación y el crecimiento de la fase deseada a tener lugar. Estas relaciones complejas explican por qué sólo para ejemplos seleccionados se pudo obtener diferentes series del tipo isorecticular de MOF y por qué para el descubrimiento de la mayoría de MOF se utiliza de manera obligatoria la síntesis de exploración. Para acelerar el descubrimiento de MOF, se han probado los métodos de alto rendimiento, los cuales fueron desarrollados por primera vez para la investigación farmacéutica, ahora se emplean para la obtención de MOF [O'Keeffe, 2009].

En este sentido, la aplicación de la síntesis mecanoquímica ofrece un proceso libre de disolventes para la preparación de MOF [Garay y col., 2007]. Además, una cantidad suficiente de material puro para las pruebas de rango amplio se puede obtener fácilmente a partir de este método, que a veces es difícil cuando se utilizan las rutas sintéticas comunes. Además, la reacción sólido-sólido típicamente produce rendimientos cuantitativos. Esta nueva forma de síntesis conduce directamente a los productos en forma de polvo. Por lo tanto, los

materiales están listos para diversas aplicaciones sin la necesidad de tratamientos que consumen mucho tiempo [Kaupp y col., 2001].

La mecanoquímica como un enfoque para la síntesis de una, dos, y compuestos metal-orgánicos de tres dimensiones, es actualmente empleado por varios grupos de investigación, centrándose principalmente en la síntesis de nuevas estructuras. La caracterización se lleva a cabo por lo general sólo por comparación de difracción de rayos X de polvos cristalinos (XRD) con patrones calculados. Otras investigaciones de las propiedades de estos materiales preparados mediante mecanoquímica en comparación con otras rutas sintéticas son escasas [Pichon y col., 2006].

Varios aspectos únicos de estos materiales obtenidos mediante síntesis mecano química son los responsables de su éxito: ya que tienen una capacidad muy alta y sintonizable de adsorción, sitios activos de diferentes puntos fuertes pueden ser generados en la estructura, el tamaño de sus canales y cavidades cae dentro del rango de la de muchas moléculas de interés, y muchos de estos materiales presentan una excelente capacidad de intercambio iónico y emocionantes propiedades electrónicas, que van desde los aisladores de conductores y semiconductores. Además, debido a su naturaleza periódica, estos materiales son excelentes para la explicación de los eventos macroscópicos ya que se pueden expresar sobre la base de las interacciones a nivel molecular [Corma y Garcia, 2004].

Finalmente, la reacción solvotermal de $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, pirazina (**L1**) y ácido 5-aminoisoftálico (**L2**) da lugar a la formación de un nuevo polímero de coordinación funcionalizado con posible aplicación como un sistema acarreador para la administración de fármacos. Se realizaron cálculos computacionales mediante funcionales de densidad utilizando un híbrido PBE0 para evaluar la posible interacción por puente de hidrógeno que pudiera ocurrir entre el grupo amino libre presente en el material y el grupo carboxílico perteneciente a la molécula Levodopa. La energía de estabilización (Figura 1) para el modelo propuesto se tradujo en 11 kcal / mol [Arenzano y col., 2015]. Estos resultados confirman que el material propuesto puede formar enlaces por puente de hidrógeno de manera efectiva con moléculas de levodopa.

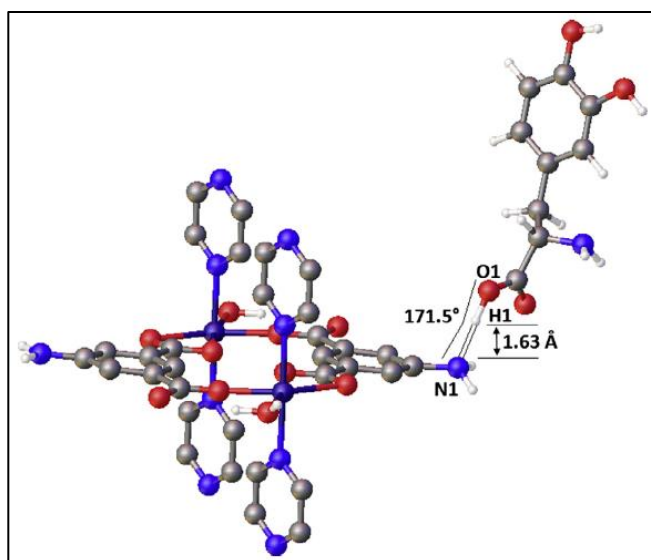


Figura 1. Interacción optimizada del complejo que consiste en la parte seleccionada de material 1 y la molécula de Levodopa. Algunos átomos de hidrógeno se han omitido para mayor claridad.

En este trabajo se propone una estrategia de síntesis hidrotérmica para la obtención de un nuevo polímero metal-orgánico poroso funcionalizado con grupos carboxílicos, partiendo de 1,2-Di-(4-piridil)-etileno, ácido 5-

nitroisoftálico, nitrato de cobalto hexahidratado y utilizando como disolvente agua en medio básico. Esta metodología permite dar lugar a la formación de un material cristalino de color morado con forma bloques rectangulares, los cuales fueron analizados mediante difracción de rayos-X, logrando conocer la estructura del nuevo material y conocer distancias de coordinación, ángulos de enlace e interacciones débiles.

Metodología

Materiales

Todos los reactivos y solventes fueron adquiridos de Aldrich Chemical Co. y los solventes se secaron antes de usarse. Los cristales obtenidos se crecieron utilizando solventes grado espectroscópico. El análisis elemental se llevó a cabo en un equipo PerkinElmer Series II CHNS/Omodel 2400 analyzer. Los espectros IR se obtuvieron en un espectrómetro PerkinElmer FTIR/FTIR Spectrum400 equipado con un accesorio de refractancia ATR. El análisis de difracción de rayos-x del compuesto (**I**) se llevó a cabo en un equipo Enraf-Nonius Kappa-CCD (λ MoK α =0.71073 Å, monocromador de grafito, T=298 K, CCD modo scan con imágenes rotatorias. Todos los juegos de datos se corrigieron por efectos de polarización y Lorentz. Los cristales se montaron en MicroLoops™ convencionales. La estructura se resolvió usando métodos directos con el programa SHELX-S-97 [Sheldrick 2008] o SIR2004 [Altomare y colaboradores, 1999]. El refinamiento de la estructura se llevó a cabo mediante la técnica de matrices de mínimos cuadrados con el programa SHELX-L-97 [Sheldrick 1997]. Toda la manipulación de software se llevó a cabo mediante el programa WinGX [Farrugia, 1999]. Todos los átomos diferentes de hidrógeno se refinaron de manera anisotrópica mientras que todos los átomos de hidrógeno se localizaron y sus posiciones fueron refinadas. La validación de la estructura cristalina se llevó a cabo con el programa PLATON [Spek, 2003] y las perspectivas moleculares se obtuvieron con el programa ORTEP [Farrugia, 1997].

Síntesis de [Co (L)₂ (L')₃]_n (**I**)

Una mezcla conteniendo Co(NO₃)₂·6H₂O (100 mg, 0.34 mmol), ácido 5-nitroisoftálico (**L2**) (63.7 mg, 0.30 mmol), 1,2-di-(4-piridil)-etileno (**L3**) (50 mg, 0.27 mmol) y 20 ml de H₂O se calentó a 160°C por 72 h. Después de que la mezcla de reacción se dejó enfriar lentamente a temperatura ambiente, se lograron obtener cristales color morado de forma rectangular con un rendimiento del 47%. *mp* > 350 °C. IR *v*_{max} : 3201, 2976, 2939, 1620 (C=O), 1448, 1408 (C–N), 1313, 1100, 1035, 931, 906, 843, 763, 729, 577, 464, y 447 cm⁻¹. Anal. calc. para C₂₈H₁₄N₄CoO₁₂: C, 51.16; H, 2.15; N, 8.52. % encontrado C, 52.14; H, 2.11; N, 8.48 %.

Resultados y discusión

Es bien conocido que los ligantes del tipo dipiridil y el ácido 5-nitroisoftálico al poseer heteroátomos en su estructura se coordinan a metales de transición como el cobalto. Cuando se hicieron reaccionar los ligantes antes mencionados con el nitrato de cobalto en condiciones hidrotérmicas utilizando como solvente agua a una temperatura de 160°C., se lograron obtener cristales de tipo rectangular de color purpura con un rendimiento del 47 %. La difracción de rayos-x confirmó la estructura correspondiente a un nuevo polímero de coordinación. Las distancias de coordinación alrededor del átomo de Cobalto se encuentran resumidas en la Tabla 1. La estructura polimérica posee en su estructura 2 ligantes orgánicos (**L2**) y (**L3**), ambos coordinados al átomo de cobalto. Como se puede apreciar de la Figura 1, el átomo de cobalto se encuentra hexacoordinado, teniendo una geometría de octaedro distorsionado. Dos moléculas (**L2**) se encuentran coordinadas mediante átomos de nitrógeno en las posiciones apicales, mientras que 3 moléculas (**L3**) se encuentran coordinadas mediante átomos de oxígeno en las posiciones ecuatoriales.

Tabla 1. Distancias de coordinación alrededor del átomo de cobalto

Enlace	Distancia (Å)
N1–Co	2.152
N2–Co	2.141
O1–Co	2.034
O2–Co	2.051

O3-Co	2.290
O4-Co	2.131

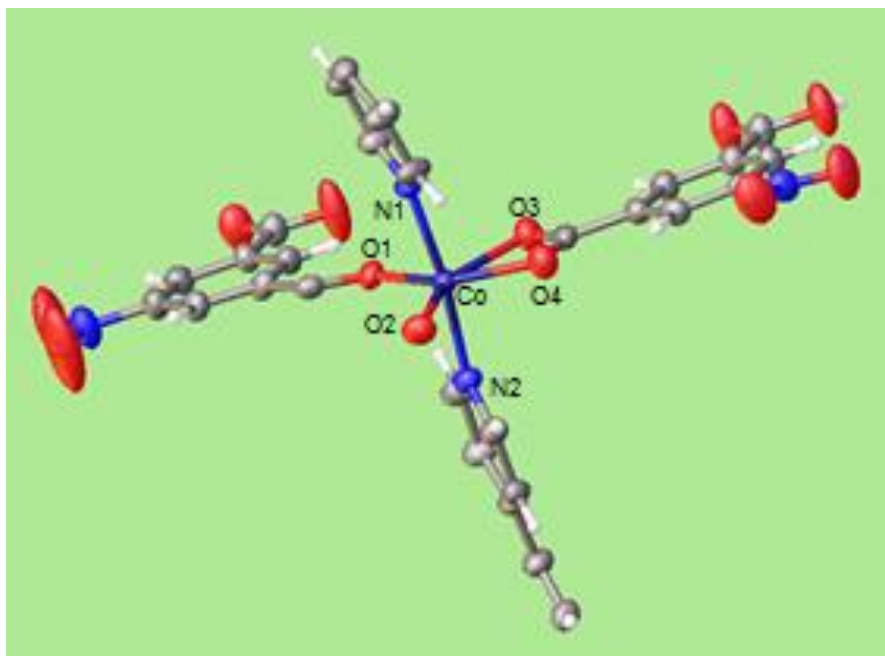


Figura 2. Geometría de octaedro distorsionado alrededor del átomo de Cobalto

El polímero cristalizó en el grupo espacial P-1, posee un peso molecular de 660.40 correspondiente a una fórmula química $C_{28}H_{14}N_4O_{12}Co_1$. En la Tabla 2 se resumen los datos cristalográficos más importantes.

Tabla 2. Datos cristalográficos para el compuesto (1)

Compuesto	1
Fórmula Química	$C_{28}H_{14}N_4O_{12}Co_1$
Formula weight	660.40
Grupo espacial	Triclinico
Sistema cristalino	P-1
Tamaño del cristal (mm^3)	0.35x0.175x0.175
a (Å)	10.422
b (Å)	11.457
c (Å)	12.384
a ($^\circ$)	106.314
β ($^\circ$)	96.189
γ ($^\circ$)	103.01
Formula unidades por celda	2
δ_{calc} ($g\ cm^{-3}$)	1.6132
F(000)	673.1
Temperature de medida(K)	298(2)
θ Limits ($^\circ$)	6.82 a 55.02
No. de reflexiones colectadas	6210
No. de reflexiones independientes	5754
No. de reflecc. observadas, $(F_o)^2 > 4\sigma(F_o)^2$	5754
$R = \frac{\sum F_o - F_c }{\sum F_o }$	0.0465

$R_w = [\sum w(F_o - F_c)^2 / \sum w F_o^2]^{1/2}$, $w = 1/\sigma^2$ (todos los datos)	0.1271
Goodness-of-fit σ	1.035
No. de parametros	418
$\Delta\rho_{\min}$ ($e \text{ \AA}^{-3}$)	2.66
$\Delta\rho_{\max}$ ($e \text{ \AA}^{-3}$)	-0.93

Polímero con grupos funcionales (ácidos carboxílicos) y grupos nitro libres.

Es importante señalar que, además de que el polímero de coordinación posee 2 ligantes orgánicos en su estructura, el material cuenta con grupos del tipo ácido carboxílico y grupos nitro libres en su disposición. Esto resulta debido a que, solamente uno de los dos grupos funcionales (el grupo ácido) es el que se coordina al átomo de cobalto, dejando un grupo ácido libre. Como se puede apreciar de la Figura 3, el único grupo carboxílico que se reacciona tiene 2 modos de coordinación, es decir, los dos oxígenos del grupo ácido se coordinan al mismo metal, mientras que los dos oxígenos del grupo ácido de una molécula diferente se coordinan a dos átomos de cobalto, logrando formar un puente para formar un ciclo plano de 8 miembros que se observa al centro de la figura. Se hace notar, que los ciclos de este tipo pueden albergar moléculas pequeñas.

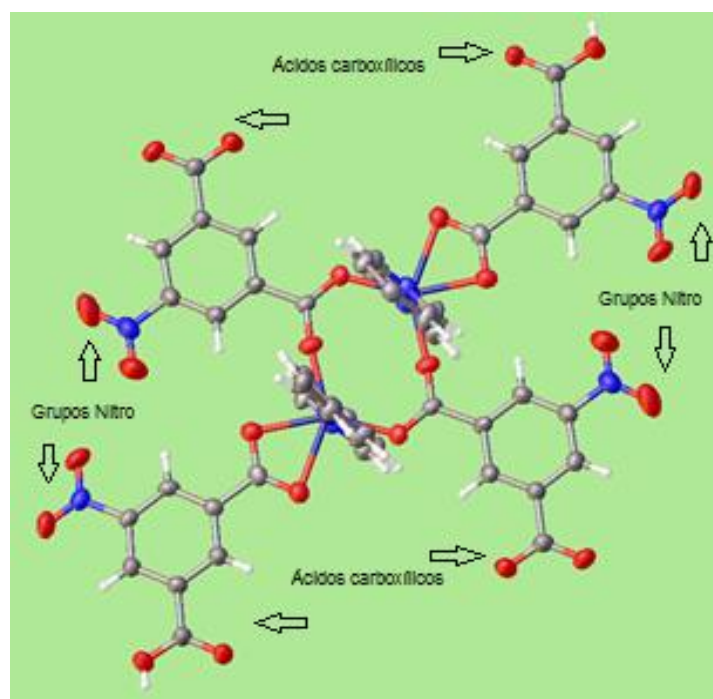


Figura 3. Grupos ácidos carboxílicos y grupos nitro sin reaccionar en la estructura polimérica.

Interacciones de tipo π - π responsables del empaque cristalino poroso.

Otra característica peculiar del material obtenido son las interacciones del tipo π - π que se presentan entre las nubes electrónicas de los grupos aromáticos del ligante (**L3**) con distancias de 3.395 Å., menor a la suma de los radios de Van der Waals del átomo de carbono. Esta característica permite que el material posea una red cristalina con 2 tipos de poros, uno formado por el anillo plano de 8 miembros y otro formado por espacios vacíos que se generan en moléculas adyacentes, Figura 4. Las altas porosidades que muestran los materiales metal-orgánicos son las responsables de las altas

superficies de contacto que poseen, logrando con esto tener una amplia gama de aplicaciones en el área de catálisis.

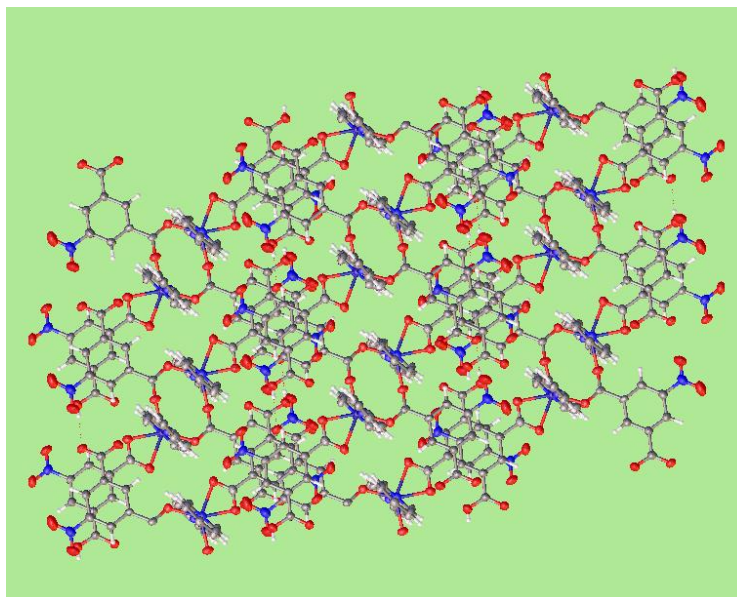


Figura 4. Poros resultantes del empaquetamiento cristalino.

Conclusiones

Se logró obtener y optimizar la reacción para la obtención de un nuevo polímero metal-orgánico derivado de dos ligantes orgánicos y cobalto. Las condiciones adecuadas para la obtención del material resultaron ser, el uso de agua como disolvente a una temperatura de 160°C. durante 72 h y una disminución de la temperatura en 24 h. La difracción de rayos-x mostró que el átomo de cobalto se encuentra hexacoordinado y presenta una estructura octaédrica distorsionada. Además el polímero cristalino presenta en su estructura grupos carboxílicos libres, los cuales le otorgan al material propiedades ácidas que pueden ser aprovechadas en la catálisis ácida. El material (I) ya ha sido probado en catálisis ácida para la transesterificación de aceite en la obtención de biodiesel mediante el uso de ultrasonido, obteniendo una conversión completa después de 30 min. con el uso de 2.5 % en peso del material.

Referencias

1. Furukawa, H.; Cordova, K. E.; O’Keeffe, M.; Yagui, O. M. (2013). The Chemistry and Applications of Metal-Organic Frameworks. *Science*. **(341)** 974.
2. Yagui, O. M.; Davis, C. E.; Li G. M.; Li, H. L. (1997). The experimental protocol used here was developed earlier. *J. Am. Chem. Soc.* **(119)** 2861-2868.
3. Kitagawa, S.; Kitaura, R.; Noro, S.-I. (2004). Functional Porous Coordination Polymers. *Angew. Chem.* **(43)** 2334-2375.
4. Yagui, O. M.; O’Keeffe, M.; Ockwig, N. W.; Chae, H. K.; Eddaoudi, M.; Kim, J. (2003). Reticular synthesis and the design of new materials. *Nature*. **(423)** 705-714.
5. Mellot-Draznieks, C.; Dutour, J.; Ferey, G. (2004) Hybrid Organic-Inorganic Frameworks: Routes for Computational Design and Structure Prediction. *Angew. Chem.* **(43)** 6290-6296.

6. Wu, C.-D.; Lu, C.-Z.; Yang, W.-B.; Zhuang, H.-H.; Huang, J.-S. (2002). Hydrothermal synthesis, structures, and magnetic properties of three novel 5-aminoisophthalic acid ligand bridged transition metal cation polymers. *Inorg. Chem.* **(41)** 3302-3307.
7. Zhang, J.-P.; Huang, X.-C.; Chen, X.-M. (2009). Supramolecular Isomerism in Coordination Polymers. *Chem. Soc. Rev.* **(38)** 2385-2396.
8. O'Keeffe, M. (2009) Design of MOFs and intellectual content in reticular chemistry: a personal view, *Chem. Soc. Rev.* **(38)** 1215-1217.
9. Garay, A. L.; Pichon, A.; James, S. L. (2007). Solvent-free synthesis of metal complexes. *Chem. Soc. Rev.* **(36)** 846–855.
10. Kaupp, G.; Schmeyers, J.; Boy, (2001). Waste-free solid-state syntheses with quantitative yield, *J. Chemosphere.* **(43)** 55–61.
11. Pichon, A.; Lazuen-Garay, A.; James, S. L. (2006). Solvent-free synthesis of a microporous metal–organic framework. *Cryst Eng Comm.* **(8)** 211–214.
12. Corma, A.; Garcia, H. (2004). Zeolite-based photocatalysts, *Chem. Commun.* **(13)** 1443-1459.
13. Arenzano J. A.; Del Campo J. M.; Virues J. O.; Ramirez-Montes P. I.; Santillán R.; J. M. Rivera. (2015) Theoretical study of the hydrogen bonding interaction between Levodopa and a new functionalized pillared coordination polymer designed as a carrier system. *Journal of Molecular Structure.* **(1083)** 106–110.
14. Sheldrick, G. M. (2008). A short history of SHELX. *Acta Crystallogr.* **(A64)** 112-122.
15. Sheldrick, G. M. (1997). SHELX-97. *Programs for Crystal Structure Analysis* (Release 97-2), University of Göttingen, Germany.
16. Altomare, A.; Burla, M. C.; Camalli, M.; Cascarano, G. L.; Giacovazzo, C.; Guagliardi, A.; Moliterni, A. G. G.; Polidori, G.; Spagna, R. SIR97: a new tool for cristal structure determination and refinement (1999). *J. Appl. Crystallogr.* **(32)** 115-119.
17. Farrugia, L.J. (1999). WinGX suite for small-molecule single-crystal crystallography. *J. Appl. Crystallogr.* **(32)** 837-838.
18. Spek, A.L. (2003). Single-crystal structure validation with the program PLATON. *J. Appl. Crystallogr.* **(36)** 7-13.
19. Farrugia, L.J. ORTEP-3 for Windows – a versión of ORTEP-III with Graphical User Interface (GUI). (1997). *J. Appl. Crystallogr.* **(30)** 565.

Extracción asistida por ultrasonido del ácido carminico presente en la grana cochinilla

R. M. Sales Chávez 1*, M. Rosas Morales², G. Ríos Cortés¹, S.S. Velasco Cantu¹ L. López Zamora¹

¹Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Orizaba, Avenida Oriente 9 Núm. 852, Colonia Emiliano Zapata. C.P. 94320., México

²CIBA-IPN, Tepetitla de Lardizábal, C.P. 90700, Tlaxcala., México

*roger_manuel_sales@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

La apariencia de la comida, bebidas, telas, fármacos, es muy importante, debido a ello las industrias han tenido que implementar el uso de colorantes artificiales. Sin embargo se han encontrado que muchos de estos colorantes pueden ser peligrosos para la salud del consumidor. El ácido carminico es un colorante natural que es extraído de los cuerpos de la Dactylopiidae hembra. La extracción con equipo soxhlet con una solución etanólica es el método más común de extracción. En el presente trabajo se evalúa el uso de la extracción del ácido carminico asistida por ultrasonido y Soxhlet se encontró que a las 12 h de operación se obtiene un extracto con una concentración de ácido carminico de 1.50×10^{-6} y de 1.54×10^{-6} respectivamente. El rendimiento de extracción el método Soxhlet es de 35.9% comparado con el rendimiento de 23.6% del ultrasonido.

Palabras clave: Ácido carminico, ultrasonido, extracción.

Abstract

The appearance of the food, beverages, textiles, pharmaceuticals, is very important because this industry have had to implement the use of artificial coloring. However we have found that many of these dyes can be hazardous to the health of consumers. The carminic acid is a natural dye is extracted from the bodies of the female Dactylopiidae. Soxhlet extraction with ethanol solution is the most common method of extraction. In this paper the use of carminic acid extraction assisted by ultrasound and assessed Soxhlet found that at 12 h of operation an extract is obtained with a concentration of acid carminico 1.50×10^{-6} and 1.54×10^{-6} respectively. The yields Soxhlet extraction is 35.9% compared to 23.6% yield of ultrasound.

Introducción

La Unión Europea y los estados Unidos han restringido el uso de colorantes sintéticos en los alimentos debido al daño que ocasionan a la salud de la población. Es por ello que surge la necesidad de buscar nuevas alternativas naturales e inocuas de colorantes para la industria alimentaria, farmacéutica y textil, (Magdolna y col., 2012). Uno de ellos es el ácido carminico, un colorante natural que es extraído de los cuerpos de la Dactylopiidae hembra, el insecto más conocido de esta familia es la cochinilla. El ácido carminico es el 7- α -D-Glucopiranosil-9,10-dihidro-3,5,6,8-tetrahidroxi-1-metil-9,10-dioxo-2-antraceno-ácido carboxílico, de acuerdo a la nomenclatura de la IUPAC.

La importancia industrial del ácido carminico es que es soluble en agua y presenta diferentes gamas de colores a diferentes pH, (Sáenz, 2003). Desde los métodos prehispánicos, hasta las técnicas más actuales; la extracción del colorante a partir de grana seca es siempre un proceso de extracción solido-liquido, habiéndose ensayado toda una serie de métodos, que varían principalmente en los siguientes factores: el solvente de extracción, el tiempo de extracción, el número de extracciones, el tamaño de la partícula, la temperatura de extracción. Generalmente todos estos procesos siempre emplean como insumo de partida la grana seca, desgrasada y molida, (Briseño y Llanderal, 2008). Se sabe que conforme se aumenta la temperatura, la extracción es mayor; sin embargo, el incremento de temperatura entre 70 y 100°C, ya no aumenta significativamente el rendimiento de extracción de la materia colorante y es más significativo el número de extracciones; por lo tanto, debe buscarse un equilibrio donde el gasto energético y el tiempo de operación sea menor.

Si bien se ha tenido información de que en el Perú la extracción se lleva a cabo a temperaturas de ebullición del agua; sin embargo, los trabajos donde se analiza el efecto de la temperatura sobre la estabilidad del color, muestran que hasta 50°C la absorbancia se mantiene estable en un tiempo de evaluación máximo de 240 min. A 75°C a los 180 min empieza a disminuir ligeramente y a 100°C una disminución considerable de la absorbancia es notoria desde los primeros minutos, bajando así los rendimientos esperados (Flores y col., 2014).

Las tecnologías de extracción son la clave en los productos farmacéuticos, cosméticos y nutracéuticos, requiriendo hasta el 50% de la inversión en una planta y consume hasta el 70% de la energía total del proceso de fabricación. La extracción asistida por ultrasonido se caracteriza por ser una técnica rápida, reduce el consumo de energía fósil, reduce el uso de solventes e incrementa la cantidad de producto extraído, (Loïc y col., 2013).

El sonido, incluyendo el ultrasonido es transmitido a través de cualquier medio físico por medio de ondas que comprimen y estiran el espacio molecular a través de su paso por el medio. A medida que el ultrasonido va atravesando el medio, sus oscilaciones varían a su punto de salida. Cuando una onda del ultrasonido cause una presión negativa suficiente a través de un líquido, la distancia entre las moléculas del mismo excede la mínima distancia molecular requerida para mantener el líquido intacto, lo que origina que las fuerzas de cohesión se rompan y se cree un vacío. A este vacío es a lo que se denomina burbujas de cavitación. Las colisiones entre burbujas de cavidad constituyen la primera fuente de efecto químico y mecánico de la energía de ultrasonido. Cada choque puede ser considerado como un micro reactor en donde se crean instantáneamente temperaturas de varios miles de grados centígrados y presiones mayores a mil atmosferas (Gareth y col., 2010).

Metodología

Materiales

Se utilizó como materia prima la cochinilla hembra (*Dactylopius coccus*) de tamaño uniforme. Proporcionado por el Centro de Investigaciones de Biotecnología Aplica (CIBA) del Instituto Politécnico Nacional. Estándar del ácido carminico de Sigma-Aldrich, agua destilada.

Extracción del ácido carminico por método Soxhlet

Se pesaron 3 g de cochinilla en un cartucho y se introdujeron en la cámara de extracción, agregando el solvente el cual es una solución de agua-etanol. Se llevó a la temperatura de extracción que fue de 97°C a tiempos de 1, 3, 4, 6, 9 y 12 horas. El extracto se concentró en un rotavapor recuperándose el ácido carminico.

Extracción del ácido carminico por método ultrasonido

Se pesaron 3 g de cochinilla y se colocó en un matraz para sonicar, se agregó la solución de agua-etanol. Se prepararon seis muestras similares para poder cuantificar la extracción a 1, 3, 4, 6, 9 y 12 horas. El extracto se concentró en un rotavapor y se recuperó el ácido carminico.

Realización del grafico estándar de ácido carminico mediante espectrofotometría de UV-visible

Se pesó 1 mg del ácido carminico estándar (96% de pureza) y se preparó un solución al 1% aforando con agua destilada. Posteriormente se preparó la serie colorimétrica como se muestra en la Tabla 1. En método se funda en la propiedad de determinadas sustancias solubles, llamadas reveladores o indicadores, de dar a un medio ácuo coloraciones o tonalidades en relación con el valor de pH del mismo, (Skoog, 2001).

Medición de concentración del ácido carminico obtenido por los métodos de extracción

Se preparan soluciones al 1% de ácido carminico extraído en matraces y aforar a 100 ml con agua destilada.

Tabla 1. Relación de mililitros para preparar serie colorimétrica

Tubo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Agua destilada (ml)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Sol. Std. (ml)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Resultados y discusión

Elaboración de grafico de trabajo del estándar del ácido carminico

Para la determinación cuantitativa del colorante se empleó la técnica de las curvas de referencia; midiendo la absorbancias de las muestras desconocidas por dos procedimientos diferentes: por cálculo con las formulas correspondientes y por cálculo gráfico analítico. Se determinó la absorbancia en función de la longitud de onda, de donde se obtuvieron las longitudes de onda de los máximos de absorbancia. Posteriormente, se midió la absorbancia de la solución patrón en función de la concentración de esta manera se obtiene la sensibilidad del método y el dominio de la linealidad de la curva de calibración. Para determinar el espectro de adsorción de ácido carminico presente en cada muestra obtenida se necesita medirla a 500 nm de longitud de onda, este valor corresponde con el color rojo.

La Figura 1 muestra las absorbancias obtenidas mediante la serie colorimétrica de del estándar del ácido carminico, por lo tanto la relación entre intensidad de color y absorbancia del ácido carminico es proporcional permitiendo conocer la concentración del compuesto que adsorbe en la mezcla, gracias a la ley de Lamber-Beer.

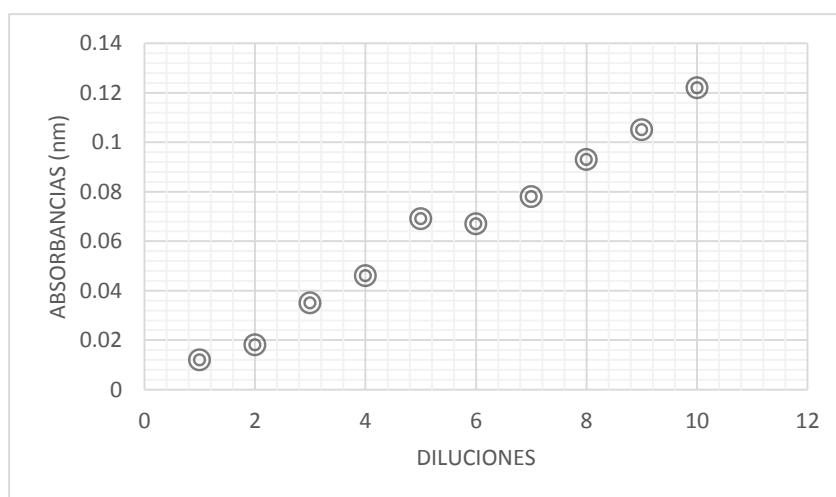


Figura 1. Gráfica absorbancias & diluciones del estándar del ácido carminico

En la Figura 2 muestra la relación entre absorbancias y concentraciones del estándar, considerando que a mayor cantidad de ácido carminico mayor cantidad de producto de extracción y por lo tanto mayor intensidad de color, el ácido carminico tiene un máximo de absorbancia de 500 nm. A esta longitud es proporcional a la concentración. Lo que se corrobora por la linealidad de la gráfica.

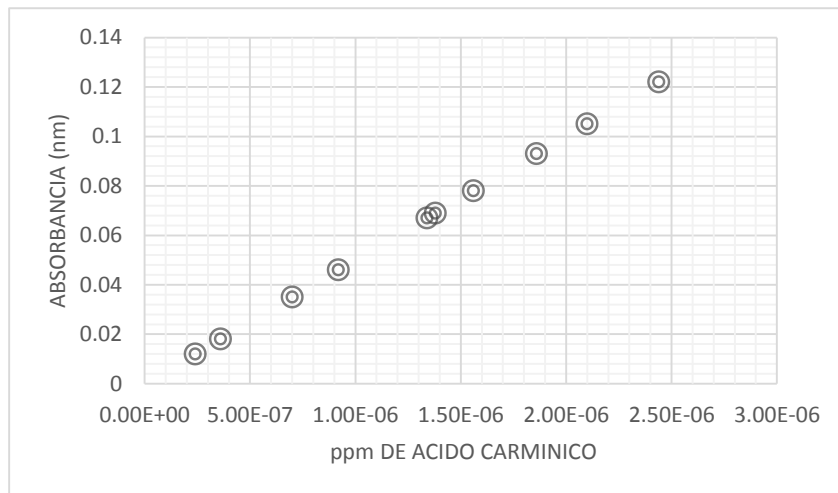


Figura 2. Gráfica de trabajo. Relación de absorbancias vs concentración del estándar del ácido carminico

Análisis por UV-visible de ácido carminico extraído por equipo soxhlet

Mediante la ley de Lamber-Beer se obtuvieron las concentraciones de ácido carminico presentes en cada muestra obtenida por el método soxhlet, y mediante la curva de calibración se logró determinar la cantidad de ácido carminico presente en cada muestra obteniendo las siguientes concentraciones que se muestran en la Tabla 2. La Figura 3 muestra que a más horas de reflujo se obtendrá mayor cantidad de ácido carminico. La concentración mayor que se obtuvo fue la de 12 h con un valor de 1.54 E-07 ppm.

Tabla 2. Concentración de acuerdo a las horas de extracción equipo soxhlet

Tiempo (hr)	1	3	4	6	9	12
Conc. ppm	8.60E-07	1.06E-06	1.18E-06	1.20E-06	1.38E-06	1.54E-06

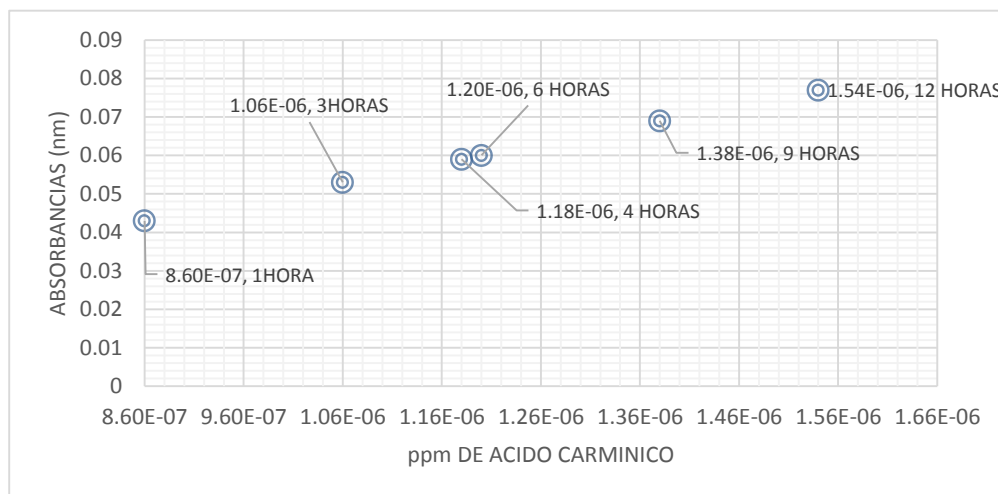


Figura 3. Gráfica de absorbancia vs Concentraciones de ácido carminico extraído por método soxhlet

Se encontró que a mayor tiempo de extracción la cantidad en gramos del extracto disminuía pero aumentaba la concentración del ácido carminico como se muestra en la Figura 4. En la Tabla 3 se muestran los rendimientos de extracción con un promedio del 35.9% de ácido carminico por 3 g de grana cochinilla.

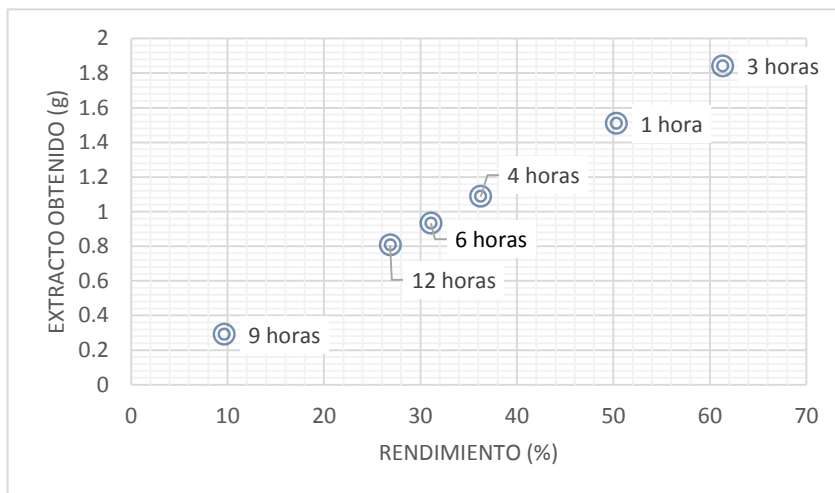


Figura 4. Gramos obtenidos vs rendimiento ácido carminico extraído por método soxhlet

Tabla 3. Extracto obtenido (g) y rendimiento de extracción del ácido carminico por método Soxhlet

Tiempo (h)	1	3	4	6	9	12
Gramos obtenidos	1.509	1.8398	1.0873	0.9326	0.2900	0.8061
Rendimiento	50.3	61.3	36.2	31.08	9.6	26.87

Análisis por UV-visible ácido carminico por equipo sonicacion

Se determinó la cantidad de ácido carminico extraído por sonicación. Se encontrando que a mayor tiempo de sonificado se obtiene mayor cantidad de ácido carminico. La concentración mayor que se obtuvo fue la de 12 h con un valor de 1.50 E-06 ppm. Como se muestra en la Figura 5 y en la Tabla 4.

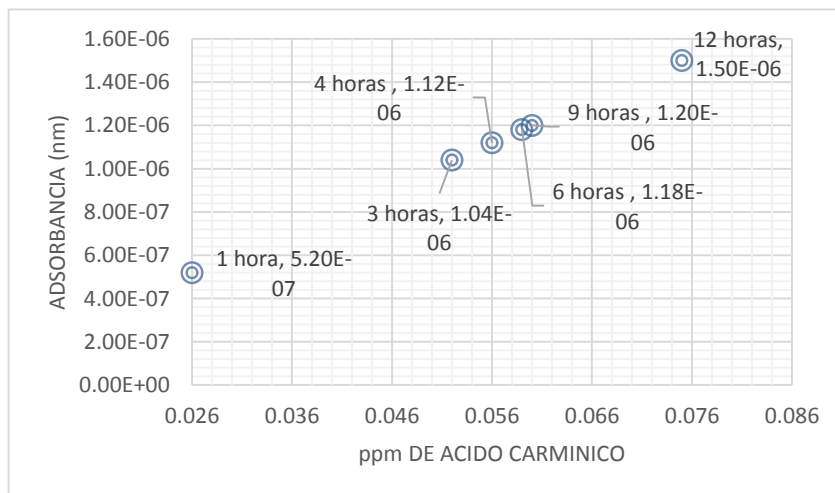


Figura 5. Concentraciones obtenidas de ácido carminico por sonicado

Tabla 4. Concentración de acuerdo a las horas de extracción por sonicado

Tiempo (h)	1	3	4	6	9	12
Conc. ppm	5.20E-07	1.04E-06	1.12E-06	1.18E-06	1.20E-06	1.50E-06

A diferencia del método Soxhlet en el sonicado el peso del extracto aumentaba conforme aumentaba el tiempo de sonicado y la concentración del ácido carminico extraído aumentaba también. Los pesos del extracto y los rendimientos se muestran en la Tabla 5, obteniéndose un rendimiento promedio de 23.6%. La Figura 6 muestra los gramos obtenidos de extracto y los rendimientos de la extracción.

Tabla 5. Rendimiento porcentual de ácido carminico

Tiempo (h)	1	3	4	6	9	12
Extracto obtenido (g)	0.0299	0.6170	0.7674	0.7760	0.9249	1.1307
Rendimiento	0.99	20.6	25.58	25.8	30.83	37.69

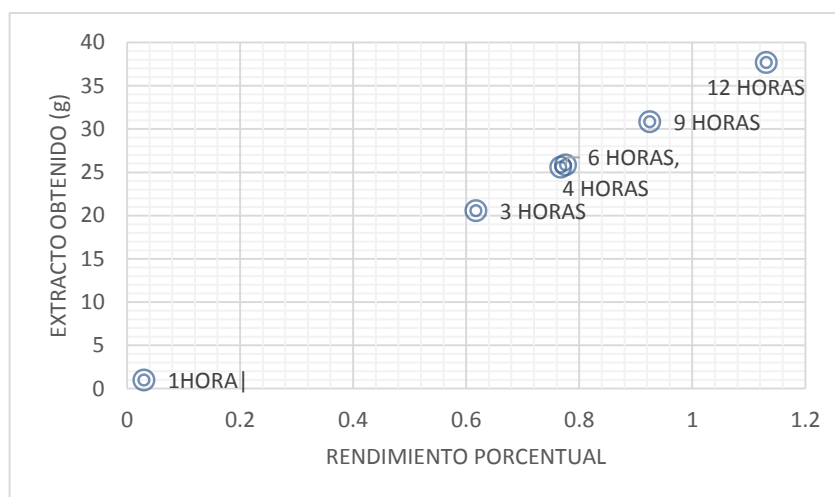


Figura 6. Gráfica obtenidos vs rendimiento de ácido carminico extraído por método Sonificación

Trabajo a futuro

Optimizar las condiciones de extracción por ultrasonido para aumentar el rendimiento así como el uso de otro equipo de ultrasonido (procesador ultrasónico).

Conclusiones

Este proyecto muestra que el uso del ultrasonido para la extracción del ácido carminico es una alternativa viable. Tanto el método de extracción por sonicación y el método por equipo soxhlet a las 12 h de operación presentan un extracto con una concentración de ácido carminico de 1.50×10^{-6} y de 1.54×10^{-6} respectivamente. Aunque en rendimientos de extracción el método Soxhlet es de 35.9% comparado con el rendimiento de 23.6% del ultrasonido, se debe de considerar el gasto de energía, solvente (alcohol) y agua de enfriamiento. A comparación del método de ultrasonido el cual no requiere de agua de enfriamiento y el gasto de energía es mucho menor.

Agradecimientos.

Agradecemos al Instituto Politécnico Nacional (IPN) por su apoyo en la realización de este trabajo.

Referencias

1. Briseño, G, A. and C. Llanderal. (2008). Contenido de ácido carmínico en hembras de grana cochinilla de diferentes edades. Grana Cochinilla y Colorantes Naturales. 16-20. Colegio de Postgraduados, México.
2. Flores-Alatorre, H, L.; Abrego-Reyes, V.; Reyes-Esparza, J, A.; Angeles, E. and Alba-Hurtado, F. (2014). Variation in the concentration of carminic acid produced by *Dactylopius coccus* (Hemiptera:Dactylopidae) at various maturation stages. J. Economic Entomology. **(4)** 1700-1705.
3. Gareth, J, P.; Naomi, K, H. and Alison J, S. (2010). Direct observation of cavitation fields at 23 and 515 kHz. Ultrasonics sonochemistry. **(17)** 30-33.
4. Loïc, P.; Sandrine, P, I.; Joel, W. And Farid, C. (2013). Batch and continuous ultrasound assisted extraction of boldo leaves (*Peumus boldus*). Int. J. Mol. Sci. **(14)** 5750-5764.
5. Magdolna, H.; Veronika, N.; Jozsef, D. And Attila, A. (2012). Hydrophilic carotenoids: Recent Progress. Molecules. **(17)** 5003-5012.
6. Sáenz, C. (2003). Agro-industrial utilization of cactus pear. FAO.
7. Douglas, A. Skoog. (2001). Química Analítica. Ed. Mc Graw-Hill.

Caracterización sensorial de vainas de *V. planifolia* producidas en México

A. Pérez Silva^{1*}, N. Graveline², J. Fortin², A. Cervantes Gutiérrez¹, M.A. Vivar-Vera¹

¹Depto. de Ingeniería Química y Bioquímica. Instituto Tecnológico de Tuxtepec. Av. Dr. Victor Bravo Ahuja s/n, Col. 5 de Mayo. C.P. 68350. Tuxtepec, Oax. México.

² Food Research and Development Centre, Agriculture and Agri-Food Canada, St-Hyacinthe, Quebec, Canada, J2S 8E3.

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo generar los descriptores aromáticos de la vainilla producida en México a partir de un panel entrenado. 15 panelistas entrenados evaluaron la intensidad de los atributos de vainas beneficiadas de vainilla mediante una olfacción nasal y orto nasal, cuatro lotes provenientes de Veracruz (Gutiérrez Zamora y Papantla) y Oaxaca (Cerro Camarón y Valle Nacional) de dos diferentes años de producción (2012 y 2013) fueron evaluados. El jurado fue sometido a 20 sesiones de entrenamiento durante el cual su registraron sus impresiones del aroma de las vainas usando un lenguaje descriptivo común. Los resultados muestran que se identificaron trece familias de descriptores: maple, caramelo, vainilla, leche, empireumático, floral, frutal, picante, vegetal, animal, químico, fermentativos y extraño. Siendo, las familias empireumático y químico las responsables de marcar la diferencia del aroma entre las dos regiones y años de producción de la vainilla en México.

Palabras clave: *V. planifolia*, evaluación sensorial, descriptores, aroma.

Abstract

This study aimed to generate descriptors aromatic vanilla produced in Mexico from a panel entrenado. 15 trained panelists evaluated the intensity of the attributes of vanilla beans benefited by nasal olfaction and nasal ortho, 4 lots from Veracruz (Gutiérrez Zamora and Papantla) and Oaxaca (Cerro Camaron and Valle Nacional) in two different years of production (2012 and 2013) were evaluated. The jury was subjected to 20 training sessions during which his recorded his impressions of the scent pods using a common descriptive language. The results show that thirteen families of descriptors were identified: maple, candy, vanilla, milk, empyreumatic, floral, fruity, spicy, vegetable, animal, chemical, fermentative and foreign. As the families empyreumatic and chemical responsible for the flavor make a difference between the two regions and years of production of vanilla in Mexico.

Introducción

La vainilla es usada como uno de los principales aromatizantes en la industria alimentaria. En México la vainilla para su comercialización se clasifica principalmente en base a su tamaño, humedad, contenido de vainillina y color, esto según la norma mexicana (NMX-FF-O74-2009). En base a estas características existen cuatro grados de calidad: extra, categoría I, categoría II y categoría III. Existiendo dos grupos en la categorías I y II: Gourmet y ordinaria. En la norma, el tamaño de las vainas es considerado por su longitud, la cual se considera de <15 a ≥20 cm, el contenido de humedad de 15 a 30%, el contenido de vainillina de 1.6 a 2.4%. Los valores mínimos son considerados en la categoría III y el valor máximo para la calidad Extra. Con respecto al color la norma establece un código de color para vainilla basado en escalas. Sin embargo, una de las fuertes debilidades de la norma se encuentra en la falta de descriptores sensoriales distintivos para la vainilla mexicana, debido a que en el indicativo olor y aroma solo indica “característico de la especie, “dulce” e indica “no presentar olor a vainilla creosotada ni mohosa”. El análisis sensorial descriptivo es una de las herramientas más potentes, sofisticadas y se utiliza más ampliamente en área de evaluación sensorial, la cual proporciona una descripción completa de las características sensoriales de los productos alimenticios (Varela & Ares, 2012). Pocos estudios se han realizado sobre el perfil sensorial de vainas de vainilla, siendo estos enfocados principalmente en el

efecto de los diversos procesos de beneficiado en los atributos sensoriales de las vainas (Santamaría-Mayora, 2010; Van Dyk et al. 2010). El objetivo del presente trabajo fue generar los descriptores aromáticos de la vainilla producida en México a partir de un panel entrenado.

Metodología

Selección y entrenamiento de panelistas

a) Reclutamiento de panelistas

El estudio fue realizado en el *Centre de Recherche et Développement sur les Aliments* (Centro de Investigación y Desarrollo en Alimentos, CRDA), Saint-Hyacinthe, Canadá en donde se convocó al personal con experiencia en evaluación sensorial para participar en el presente proyecto. A las personas interesadas se les aplicó una encuesta para ver su disponibilidad de horario y se programaron las sesiones de prueba de manera individual. Se realizó una presentación general a los panelistas para explicarles el objetivo del trabajo y la programación de las actividades a seguir para su desarrollo.

b) Elaboración de un léxico descriptivo de la vainilla

Primeramente, los panelistas desarrollaron un vocabulario para definir correctamente los atributos de las muestras a evaluar para lo cual se realizó un entrenamiento olfativo. El vocabulario propuesto provenía de tres fuentes: la rueda del aroma de la miel de maple, un léxico exhaustivo desarrollado al interior y el cofre de aromas del café. Se les propuso una formación autodidacta con la finalidad de desarrollar su propio léxico. 30 sustancias volátiles provenientes del cofre del aroma del café fueron seleccionadas en base a 11 grandes familias representativas.

c) Entrenamiento olfativo

Se planificaron diez sesiones de 15 minutos cada una, afín de permitir a los participantes anotar sus sensaciones, durante la olfación de las muestras provenientes del cofre de aromas del café. Los panelistas fueron sensibilizados a escribir sus primeras impresiones en una libreta personal. Al final de cada sesión, los degustadores se reunieron con el instructor de la evaluación sensorial para conocer el nombre de la sustancia de referencia. Este encuentro permitió discutir sus sensaciones, enriquecer sus experiencias sensoriales y memorizar el nombre de la muestra de referencia. Fueron presentados 30 aromas a los participantes, distribuidos en grupos de 6 en cada sesión, evaluados dos veces. Cada grupo conformado por un representante de cada una de las siguientes familias: frutal, frutal-nuez, lácteo, vegetal legumbre, vegetal resinoso, vegetal terroso, empireumático, especia, químico y floral (tabla 1). Estas soluciones de compuestos aromáticos fueron seleccionadas en base a los reportado en la literatura, los compuestos volátiles responsables de su aroma fueron identificados como compuestos de impacto aromático en la vainilla (Pérez-Silva et al., 2006). Después del análisis de cada grupo, los panelistas se autoevaluaron viendo las respuestas correctas para cada familia. Cada uno de los panelistas tuvo una libreta para hacer sus anotaciones y sugerencias.

d) Evaluación del panel

Se realizaron reuniones de trabajo entre los instructores y los panelistas antes de pasar a la segunda etapa, con la finalidad de conocer las sugerencias y los comentarios de los panelistas útiles para enriquecer su formación en la descripción de un vocabulario apropiado para describir bien las diferentes notas aromáticas identificadas (descriptores) durante las pruebas (figura 1). Por lo tanto, el objetivo de estas reuniones fue validar el vocabulario que se aplicó en la evaluación de la vainilla y complementarlo en caso de ser necesario. Para evaluar la capacidad desarrollada por los panelistas en la generación de un lenguaje de descriptores apropiado en los productos evaluados, ellos fueron sometidos a una prueba de identificación de las diferentes familias evaluadas durante su formación. En consecuencia cada uno de los panelistas recibió muestras que fueron identificadas según su familia de descriptores. Por lo tanto, el análisis estadístico (ANOVA) de estos resultados permitió conocer la capacidad desarrollada de cada panelista durante su entrenamiento, su respetabilidad y la homogeneidad del panel.



Figura 1. Formación grupal de panelistas en evaluación sensorial en mesa de discusión.

Tabla 1. Lista de atributos agrupados por familias y distribuidos en 6 grupos (Cofre del café).

No.	Grupos	Familia de descriptores	Producto
1	1	Floral	Té de rosas
2		Especie	Clavo
3		Vegetal legumbre	Chicharos
4		Frutal	Fruto maduro del café
5		Empireumático	Arroz basmático
6		Vegetal resinoso	Cedro
7	2	Frutal	Limón
8		Químico	Medicina
9		Frutal nuez	Almendra tostada
10		Floral	Flor de café
11		Frutal	Botones de casis
12		Empireumático	Pan asado
13	3	Frutal	Durazno
14		Vegetal legumbre	Pepino
15		Vainilla	Vainilla
16		Vegetal humus	Tierra
17		Empireumático	Malta
18		Especia	Pimienta
19	4	Lácteo	Mantequilla fresca
20		Especia	Regaliz
21		Empireumático	Caramelo
22		Frutal	Manzana
23		Empireumático	Humo
24		Empireumático	Tabaco
25	5	Empireumático	Chocolate negro
26		Empireumático	Cacahuete asado
27		Frutal nuez	Avellana asada
28		Químico	Caucho
29		Especia	Semillas de cilantro
30		Frutal nuez	Nuez

Los atributos indicados en la tabla 1 fueron los propuestos a evaluar debido a que la mayoría de estos compuestos fueron también identificados como compuestos de impacto aromático en la vainilla. Sin embargo, al término de la primera etapa del entrenamiento, se discutieron con los panelistas sus experiencias; tomándose en cuenta sus experiencias y comentarios para evaluar la posibilidad de usar otros descriptores o la eliminación de algunos que no fueran convenientes. Con la finalidad de complementar y fortalecer su capacitación.

Análisis de la muestra en estudio

a) Preparación y presentación de las muestras

Se recibieron procedentes de Veracruz y Oaxaca, 4 lotes de 8 kg cada uno de vainilla beneficiada de categoría gourmet (según la norma mexicana NMX-FF-074-SCFI-2009), de las producciones 2012 y 2013 (tabla 2, figura 2). Las vainas fueron inspeccionadas visualmente y puestas en contenedores de vidrio con una recubierta de metal, cerrados herméticamente y conservados en refrigeración a 4 °C hasta su utilización.

Tabla 2. Muestras de vainilla evaluadas aplicando un análisis descriptivo.

Código	Procedencia	Productor
A	Veracruz	Papantla
B	Veracruz	Gutiérrez Zamora
C	Oaxaca	Valle Nacional
D	Oaxaca	Cerro Camarón



Figura 2. Muestras de vainilla beneficiada provenientes de lotes de Veracruz (A y B) y de Oaxaca (C y D), de las producciones 2012 (1) y 2013 (2).

Las vainas un día antes de su evaluación sensorial fueron cortadas en trozos de 0.5 cm. 5 g de las vainas trozadas fueron colocados en frascos ámbar de 50 mL, cubiertos con papel aluminio utilizado como premier barrera y una cubierta de plástico recubrió el aluminio. Así el panelista podía perforar el papel aluminio con la punta de un lápiz para evitar que el aroma pueda invadir la sala de degustación al ser abiertos. La cubierta de plástico era colocada inmediatamente después de que el panelista terminada la evaluación de la muestra (olfacción).

Las muestras ya preparadas eran colocadas a 4 °C durante 12 h antes de ser evaluadas. 3 h antes del test las muestras eran colocadas a 25 °C durante 60 min, posteriormente se a 40 °C durante 30 min. Con la finalidad de saturar con el aroma en el espacio de cabeza del frasco (figura 3).



Figura 3. Preparación de las muestras para la evaluación sensorial.

b) Análisis descriptivo de la vainilla

Los panelistas seleccionados según el análisis estadístico realizaron el análisis del perfil aromático de la vainilla mexicana proveniente de dos regiones de Veracruz y cosechada en dos diferentes años (2012 y 2013).

c) Modelo experimental y análisis estadístico

Una vez seleccionados y entrenados los panelistas, estos participaron en dos sesiones para evaluar las dos producciones. El diseño fue un bloque completo balanceado que presentó los 4 tratamientos. Los productos fueron presentados de manera secuencial y monódica. El orden de presentación de las muestras se determinó aleatoriamente, este orden varió de un juez a otro (figura 4). La recepción de la información generada por los panelistas y el análisis estadístico de los resultados se realizó con el software FIZZ versión 2.47B (Biosystemes, Fr).



Figura 4. Presentación de las muestras para la evaluación sensorial en las cabinas individuales.

Resultados y discusión

Análisis descriptivo de la vainilla

Los panelistas seleccionados según el análisis estadístico realizaron el análisis del perfil aromático de la vainilla mexicana proveniente de dos regiones de Veracruz y cosechada en dos diferentes años (2012 y 2013). El análisis descriptivo permitió describir el producto de manera cualitativa y cuantitativa. Las muestras fueron presentadas de manera aleatoria y secuencial. Los panelistas tomaron en cuenta la intensidad de 13 atributos ordenados en familias en una escala que comprendía 5 niveles (ausente, ligero, moderado, elevado, extremo). Los jueces debieron seleccionar la intensidad de los 13 atributos siguientes: miel de maple, confitería, vainilla, lácteo, empireumático, floral, frutal, vegetal, especia, animal, químico y extraño. De igual manera debieron seleccionar los descriptores correspondientes a cada familia (tabla 3).

Tabla 3. Descriptores de la vainilla mexicana.

Atributos (familias)	Descriptores específicos
Miel de maple	Productos de maple y miel de maple artificial.
Confitería	Dulces, miel de maíz.
Vainilla	Vainilla.
Lácteo	Leche fresca, leche caliente, mantequilla.
Empireumático	Azúcar morena, pan tostado, galletas, madera quemada, café, chocolate, tabaco, azúcar quemada, humo.
Floral	Flores (rosa, jazmín, azar).
Frutal	Miel, nuez, bayas, frutas frescas y secas.
Especia	Clavo, canela, anís, regaliz entre otras
Vegetal	Humus, cereal, hierba fresca, seca y fermentada, cereales, resinoso, legumbres cocidas o crudas.
Animal	Animal, carne, cuero, animal-grasa.
Químico	Solvente, jabón, detergente, plástico, petróleo y derivados del fenol, cartón, medicamento, farmacia.
Fermentado	Alcohol, ácido

Mediante el análisis de varianza se evaluaron las medias de los resultados obtenidos (tabla 4). La prueba utilizada fue una prueba de Duncan. La técnica consistió en separar la variación total del conjunto de datos en componentes razonadamente asociados en fuentes específicas de variación; con el objetivo de comparar al menos tres medias de poblaciones consideradas y de concluir la similitud o no similitud global de todas las medias. El análisis verificó el efecto de las variables producto y panelista. Cuando el umbral de percepción observado (valor p) es débil (habitualmente <0.05), la hipótesis nula se rechaza en favor de la hipótesis alternativa, indicando así que el producto es diferente del otro producto. El análisis estadístico de las 13 familias evaluadas, mostró diferencias estadísticas significativas en las familias "empireumático" ($p=0.0065$) y "químico" ($p=0.0291$), en la familia "frutal" solo se observó una tendencia (0.0584) (Tabla 4). Los resultados indican que la vainilla Oaxaca (Cerro Camarón) es diferente a las vainas provenientes de Veracruz pero es similar a la de Oaxaca (Valle Nacional, figura 5A). La vainilla Veracruz (Gutiérrez Zamora) obtuvo una intensidad media de 1.97, siendo ésta la más elevada, mientras que la vainilla Oaxaca (Cerro Camarón) fue la que tuvo una intensidad más débil de las 4 muestras (1.0). Los descriptores chocolate y café fueron los descriptores que caracterizaron a todas las muestras. El atributo café negro fue más sobre saliente en la vainilla de Veracruz (Gutiérrez Zamora), ya que ésta fue la muestra que recibió más menciones.

En lo que concierne al atributo "químico" (figura 5B), los resultados indica que existe diferencia estadística significativa entre las muestras de vainilla Oaxaca (Cerro Camarón) y Veracruz (Gutiérrez Zamora). La vainilla Oaxaca (Cerro Camarón) obtuvo la intensidad más elevada con una media de 0.053, el descriptor "cartón" fue el más frecuente también en esta muestra, 6 veces contra 2 veces o menos en las otras muestras. Los descriptores "cartón", medicina y fenol fueron los más representativos de la familia "químico".

Tabla 4: Análisis de Varianza (ANOVA): Productos. Prueba de Ducan (5%).

Atributo	A Papantla	B Gutiérrez Z.	C Valle N.	D C. Camarón	F calc.	Probabilidad
Media						
A1 Miel de maple	0.03	0.07	0.10	0.17	0.70	0.5573
A2 Confeitería	0.50	1.03	0.97	1.03	1.40	0.2569
A3 Vainilla	0.63	0.90	0.93	0.63	1.87	0.1501
A4 Lácteo	0.27	0.17	0.23	0.37	0.61	0.6097
A5 Empiromático	1.57^{AB}	1.97^A	1.33^{BC}	1.00^C	4.69	0.0065
A6 Floral	0.27	0.30	0.60	0.33	1.38	0.2633
A7 Frutal	1.10	1.27	1.00	0.87	2.69	0.0584
A8 Especia	0.30	0.53	0.27	0.23	2.11	0.1140
A9 Vegetal	0.73	0.77	0.83	0.60	0.57	0.6352
A10 Animal	0.23	0.23	0.07	0.23	1.17	0.3338
A11 Químico	0.37^{AB}	0.10^B	0.37^{AB}	0.53^A	3.31	0.0291
A 12 Fermentado	0.43	0.23	0.20	0.17	1.44	0.2455
A13 Extraño	0.03	0.07	0.03	0.17	1.00	0.4023

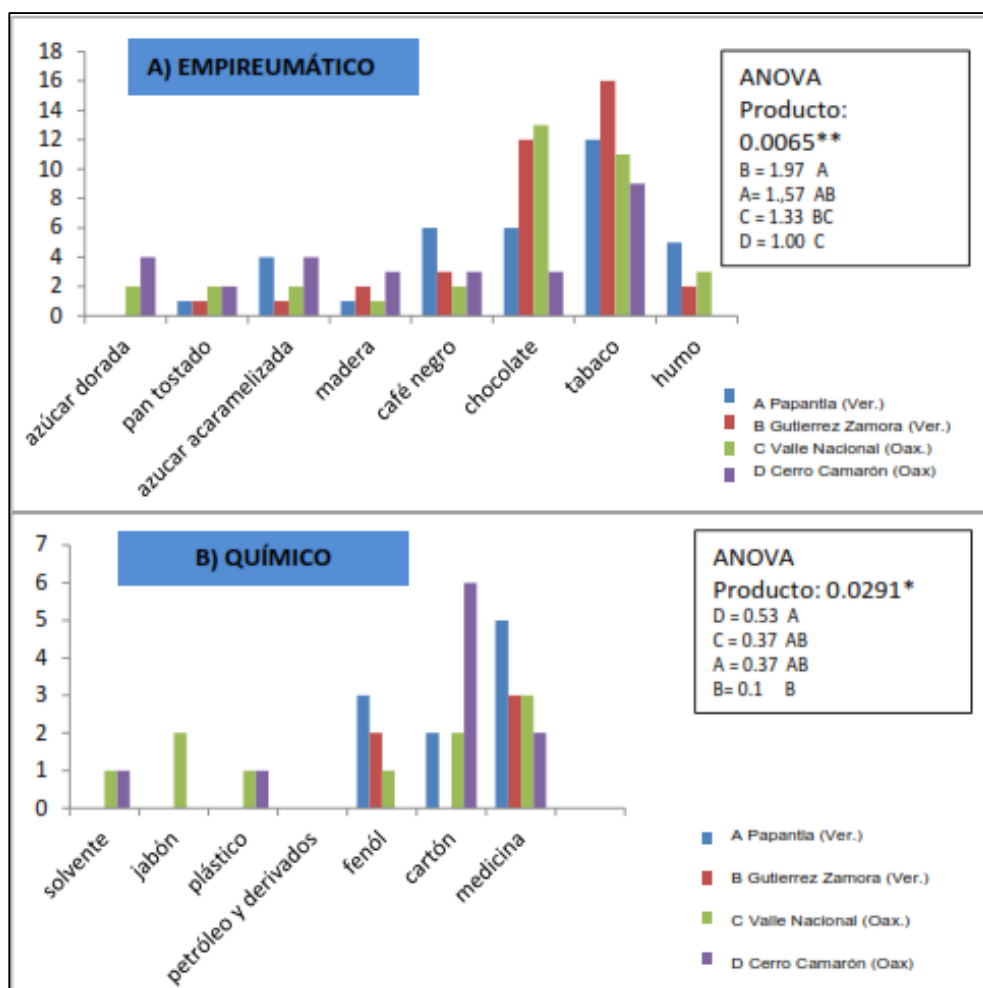


Figura 5. Frecuencia de los atributos pertenecientes a la familia A) Empiromático y B) Químico.

Conclusiones

Varios factores pueden influenciar la calidad de las vainas, estos son principalmente: la madurez de los frutos y el beneficiado realizado. La obtención del perfil descriptivo de las muestras no fue fácil de obtener debido a la complejidad del aroma de las muestras, el cual es el resultado de una mezcla de diferentes compuestos volátiles entre los que sobresalen los fenoles volátiles. Siendo estos compuestos representativos de los atributos “empírico” y “químico”. Atributos que marcaron la diferencia entre las muestras de vainilla evaluadas. La vainilla proveniente de Veracruz fue seleccionada por los panelistas con notas más intensas de tabaco y chocolate, con un ligero aroma a frutas secas.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI-SNICS-SAGARPA) por el financiamiento y al Desarrollo Agroindustrial Gaya, S.A. de C.V. por proporcionar las muestras de vainilla para realizar esta investigación. A los panelistas participantes en el análisis sensorial de la vainilla mexicana en el *Centre de Recherche et Développement sur les Aliments* (CRDA, Saint-Hyacinthe, Quebec, Canadá).

Referencias

1. Pérez-Silva, A., Odoux, E., Brat, P., Ribeyre, F., Rodríguez-Jimenes, G., Robles-Olvera, V., & Günata, Z. (2006). GC-MS and GC-olfactometry analysis of aroma compounds in a representative organic aroma extract from cured vanilla (*Vanilla planifolia* G. Jackson) beans. *Food Chemistry*, 99, 728–735.
2. Norma Mexicana NMX-FF-O74-2009. Productos No Industrializados para Uso Humano–Vainilla–[*Vanilla fragans* (Salisbury)] Ames–Especificaciones y Métodos de Prueba Disponible en línea:<http://200.77.231.100/work/normas/nmx/2009/nmx-ff-074-scfi-2009.pdf>.
3. Santamaría-Mayora, C. G. 2010. Efecto del proceso de beneficiado tradicional y tecnificado sobre la calidad aromática de la vainilla *Vanilla planifolia*. Tesis de maestría. Instituto Tecnológico de Tuxtepec.
4. Van Dyk S., McGlasson, W., Barrya, W. M. and Gair, C. 2010. Influence of curing procedures on sensory quality of vanilla beans”, *Fruits*, 65: 387-399.
5. Varela, P. & Ares, G. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Res. Int.* (48) 893-908.

Efecto de la alta presión hidrostática en las características químicas y físicas del plátano macho

M. C., Jiménez Martínez¹; J. Rodríguez Miranda¹, J. R., Ramírez De León³; E. Paz-Gamboa, M. Á. Vivar Vera^{1*}

¹Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Av. Dr. Víctor Bravo Ahuja s/n.. C.P.68350. Tuxtepec, Oaxaca, México.

³Dirección General de innovación Tecnológica, Centro de Excelencia, Universidad Autónoma de Tamaulipas – UAT, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

*angelesvivar@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química (Arial 9)

Resumen

El objetivo de este trabajo fue investigar el efecto de la presión (400, 500 y 600 MPa) y el tiempo de tratamiento (90 y 180 s) con altas presiones hidrostáticas en las características químicas (composición químico proximal, polifenoles extraíbles y carotenos) y físicas (color y textura) de la pulpa de plátano macho (*Musa paradisiaca* AAB) mediante análisis de regresión lineal. Los resultados mostraron que el tiempo presentó un efecto significativo en el aumento del contenido de proteínas, polifenoles extraíbles y carotenos de la pulpa tratada. Asimismo, se observó que la relación de las variables presión y tiempo presentaron un efecto directo proporcional a los cambios de dureza, L^* , b^* y diferencia de color (ΔE). La tecnología de HHP en condiciones de proceso a nivel industrial aumenta el contenido de componentes químicos y modifica favorablemente el color y textura de la pulpa de plátano macho.

Palabras clave: plátano macho, alta presión hidrostática, características químicas y físicas, análisis de regresión.

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of pressure (400, 500 y 600 MPa) and time (90 y 180 s) treatment with high hydrostatic pressure (HHP) on chemical (proximate chemical composition, extractable polyphenols and carotenoids) and physical (color and texture) characteristics of the plantain pulp using a linear regression analysis. The results showed that the time variable had a significant effect on increasing in contents of protein, extractable polyphenol and carotenoids of the treated pulp. It was also observed that the relationship of the pressure and time variables showed a proportional direct effect to the changes in hardness, L^* , b^* and color difference (ΔE). The HHP technology increase the content in chemical components and improved the color and texture of the plantain pulp.

Introducción

El plátano macho (*Musa paradisiaca* AAB) es el cuarto cultivo más importante del mundo en cuanto a valor de la producción después del arroz, el trigo y el maíz, además de ser considerado un producto básico en la dieta diaria de las zonas tropicales y subtropicales (Rebolledo *et al.*, 2010). Esta fruta tiene un alto valor nutritivo por ser una fuente de carbohidratos, vitaminas A, B6, C y, minerales (Kainga y Seiyabo, 2012). La comercialización del plátano macho se basa en fresco, el 80 % de la producción Nacional está destinado a la central de abasto de Iztapalapa y de ahí se destina a diferentes partes del país principalmente los estados del norte y solo aquellos plátanos que cumplan con los controles de calidad son exportados, pero existen daños postcosecha que generan pérdidas económicas a los productores. El procesamiento de esta fruta está limitado a la elaboración de frituras, aunque actualmente están surgiendo alternativas de procesamiento (Happi-Emaga *et al.*, 2008). Por lo cual se buscan nuevas alternativas de conservación que no afecten la calidad nutricional y propiedades físicas (textura y color) como es el tratamiento por alta presión hidrostática (HHP, high hydrostatic pressure).

El procesamiento por HHP es un método de conservación de alimentos prometedor, en el cual, el alimento se expone a alta presión (100-1000 MPa) de corta duración, con o sin la incorporación de calor, para lograr la inactivación microbiana como enzimática (Rawson *et al.*, 2011). La HHP es una excelente opción para el procesamiento de frutas y vegetales debido a que causa cambios mínimos en la calidad nutricional y en las propiedades físicas del alimento (Dermazeau y Rivalain, 2011). Pero esto está condicionado por la composición química del alimento así como las condiciones de procesamiento, presión, temperatura y tiempo de residencia

del tratamiento. A pesar de los conocimientos que existe sobre el tratamiento por alta presión se dispone de datos limitados sobre el efecto de este tratamiento a escala industrial, como en la fruta y vegetales frescos, debido que la mayoría de los grupos de investigación centran su trabajo en equipos a escala laboratorio (Landl *et al.*, 2010) y en productos a partir de frutas y vegetales, como mermeladas, purés, jugos, entre otros. La HHP como tecnología alternativa cada vez tiene mayor aplicación a nivel industria (Rawson *et al.*, 2011). Por lo que es necesario realizar investigaciones para desarrollar las condiciones de operación idóneas para la conservación de frutas a nivel industrial. Por lo cual el objetivo de este trabajo fue investigar el efecto de la presión y el tiempo de residencia en las características químicas y físicas de la pulpa de plátano macho (*Musa paradisiaca* AAB) durante el tratamiento por HHP a escala industrial mediante un análisis de regresión lineal.

Metodología

Preparación de la muestra y tratamiento por HHP

El plátano macho (*Musa paradisiaca* AAB var. Curaré enano) se utilizó en la etapa 7 de maduración (coloración amarillo con manchas café) de acuerdo a la clasificación de Happi-Emaga *et al.* (2007) y Aurreore *et al.* (2009). La fruta sin trocear con previo pelado y eliminación de la cáscara, fue envasada al vacío conteniendo tres piezas en cada bolsa de polietileno de alta densidad. El tratamiento de HHP fue realizado en un equipo Wave 6000/135, (N.C.Hyperbaric, S.A., Burgos, España). La presión fue transmitida por agua y la presurización se llevó a cabo a 24 °C, en un tiempo de presurización de 180 s y de despresurización 3 s. Los tratamientos de HHP se realizaron a 400, 500 y 600 MPa por 90 y 180 s.

Análisis químico

Se determinó el contenido de humedad (934.01), cenizas (942.05), grasas (948.22) y proteínas (960.52) de acuerdo a los métodos de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005). La determinación de carbohidratos se realizó por diferencia. La determinación de polifenoles extraíbles (PE) se realizó de acuerdo al método de Bravo y Saura-Calixto (1998) que consiste en una extracción orgánica-ácida sucesiva para obtener extractos polifenólicos en los cuales se determinaron el contenido de polifenoles utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu a 750 nm y utilizando como estándar ácido gálico. Los resultados se expresaron como gramos equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100 g de muestra seca (ms). La determinación de carotenos se realizó por extracción de los carotenos con hexano y posterior cuantificación colorimétrica a 448 nm utilizando como estándar β -caroteno (Ortega *et al.*, 2011). Los resultados se expresaron como gramos equivalentes de β -caroteno por 100 g de ms.

Análisis físico

Para el análisis fisicoquímico las muestras se cortaron en rodajas de 1.5 cm de grosos. En la determinación de textura se utilizó un texturómetro EZTest EZ-S y se aplicó una doble compresión a 50% de deformación (estrés normal) y a una velocidad de cabezal de 60 mm/min, con un tiempo de espera de 5 s entre las compresiones, para determinar la dureza, masticabilidad y cohesividad. En la determinación de color se utilizó un colorímetro Minolta (modelo CR400, Konica Minolta Sensing, inc. Osaka, Japon) y se obtuvo el valor de luminosidad (L^*), a^* , b^* y diferencia de color (ΔE) (ec.1)

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L^*)^2 + (a_0 - a^*)^2 + (b_0 - b^*)^2} \quad \text{ec. 1}$$

Análisis de regresión lineal

Los resultados fueron analizados por análisis de regresión lineal utilizando un modelo matemático de segundo orden que consistió en factores independientes, una interacción y factores cuadráticos, donde x_1 =presión y x_2 =tiempo. Las variables de respuesta fueron proteínas, cenizas, lípidos, carbohidratos, carotenos, polifenoles extraíbles, dureza, masticabilidad, cohesividad, L^* , a^* , b^* y ΔE .

$$y = B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + B_{12}x_1x_2 + B_{11}x_1^2 + B_{22}x_2^2 \quad \text{ec.2}$$

El análisis de datos se realizó utilizando el software STATISTICA versión 7.

Resultados y discusión

Efecto de la HHP en las características químicas del plátano macho

En la tabla 1 se muestra los resultados del análisis de regresión en las características químicas del plátano macho tratado por HHP. El contenido de agua mostró un valor de coeficiente de determinación bajo ($R^2 = 0.78$), mientras que el factor tiempo presentó un efecto negativo, observándose (figura 1) que a tiempos mayores de 160 s hubo menor contenido de agua (58.37g/100 g) que a tiempo cero (64.44 g/100 g). La pérdida de agua puede ser debida a que a un mayor tiempo de tratamiento por HHP se puede presentar modificación en la permeabilidad de la célula, lo cual puede permitir el transporte de agua desde el interior al exterior de la célula durante el tratamiento por HHP (Clariana *et al.*, 2011).

Tabla 1: Resultados del análisis de regresión en las características químicas de la pulpa de plátano macho

Parámetro	Agua	Cenizas	Grasa s	Proteínas	Carbohidratos	Carotenos	Polifenoles extraíbles
Intercept (β_0)	61.43*	2.16	0.52	4.32*	31.55	60.09	409.14
Pressure (β_1)	0.10	-0.01	-0.19*	-0.16	0.26	-2.68	16.22*
Time (β_2)	-2.49*	0.10*	0.05	1.35*	0.97*	12.91*	106.28*
(Pressure) ² (β_{11})	0.14	0.05	0.09	0.05*	-0.36	-2.27	-35.31
(Time) ² (β_{22})	0.41	0.014	-0.10	-1.53*	1.24*	-2.47	-77.86*
Pressure×Time (β_{12})	-0.44	-0.47	-0.07	-0.12*	0.68	0.73	6.15
Coeficiente de determinación (R^2)	0.78	0.50	0.53	0.90	0.50	0.84	0.78

*significativo $p < 0.05$

En la tabla 1 se observa que tanto el contenido de cenizas como el carbohidratos presentaron $R^2=0.50$ más baja. Sin embargo el tiempo presentó un efecto significativo lineal, lo cual indica que a tiempos prolongados de tratamiento por HHP se presentará mayor contenido de cenizas y carbohidratos. Así también, en el contenido de lípidos ($R^2=0.53$) el factor tiempo presentó un efecto lineal negativo, lo cual significa que a presiones elevadas, el contenido de lípidos será menor (0.22 g/100 g) que a presiones bajas (0.72 g/100 g). Sin embargo, en el contenido de proteínas ($R^2= 0.90$), el factor tiempo mostró un efecto lineal positivo, lo que indica que a tiempos prolongados de tratamiento puede originar un aumento significativo en el contenido de proteínas de la pulpa de plátano macho. El efecto cuadrático de la presión demuestra un efecto creciente en el contenido de proteínas de la pulpa de plátano macho tratada por HHP. Sin embargo, el tiempo presentó un efecto cuadrático negativo, que predice una tendencia a la disminución del contenido de proteínas en tiempos mayores de 180 s (figura 1). El aumento en el contenido de proteínas podría ser explicado como una liberación de proteínas por desestructuración de la matriz del alimento, es decir, pudo haber una modificación de los complejos de los componentes alimenticios de la pulpa de plátano macho por efecto del tratamiento con HHP, haciéndose más cuantificables (Briones-Labarca *et al.*, 2011a).

El contenido de polifenoles extraíbles presentó un coeficiente de determinación (R^2) de 0.84. La presión y el tiempo presentaron un efecto lineal positivo significativo en el contenido de polifenoles, lo cual significa que a presiones elevadas y tiempos prolongados hubo mayor contenido de polifenoles. Esto puede deberse a que bajo dichas condiciones, llegan a existir cambios de la estructura del tejido celular de la pulpa durante el tratamiento que conlleva a que los polifenoles puedan ser liberados de algunos compuestos suspendidos en la matriz del alimento (Patras *et al.*, 2009b; Nuñez-Mancilla *et al.*, 2013). El tiempo presentó un efecto lineal significativo (tabla 1), habiendo un aumento del contenido de carotenos en la pulpa tratada por HHP (figura 1), y a tiempos mayores de 80 s de tratamiento, se tendrá mayor contenido de carotenos. Se infiere que el aumento del contenido de carotenos se debe a que durante el tratamiento por HHP existen modificaciones de desestructuración en la membrana del tejido celular, la cual está conformada por lípidos que están asociados a los carotenos (Patras *et al.*, 2009a), siendo relacionado a una mayor extracción con solventes en el análisis de cuantificación

correspondiente, lo cual resultó en un mayor contenido de estos compuestos en la pulpa de plátano macho tratada por HHP.

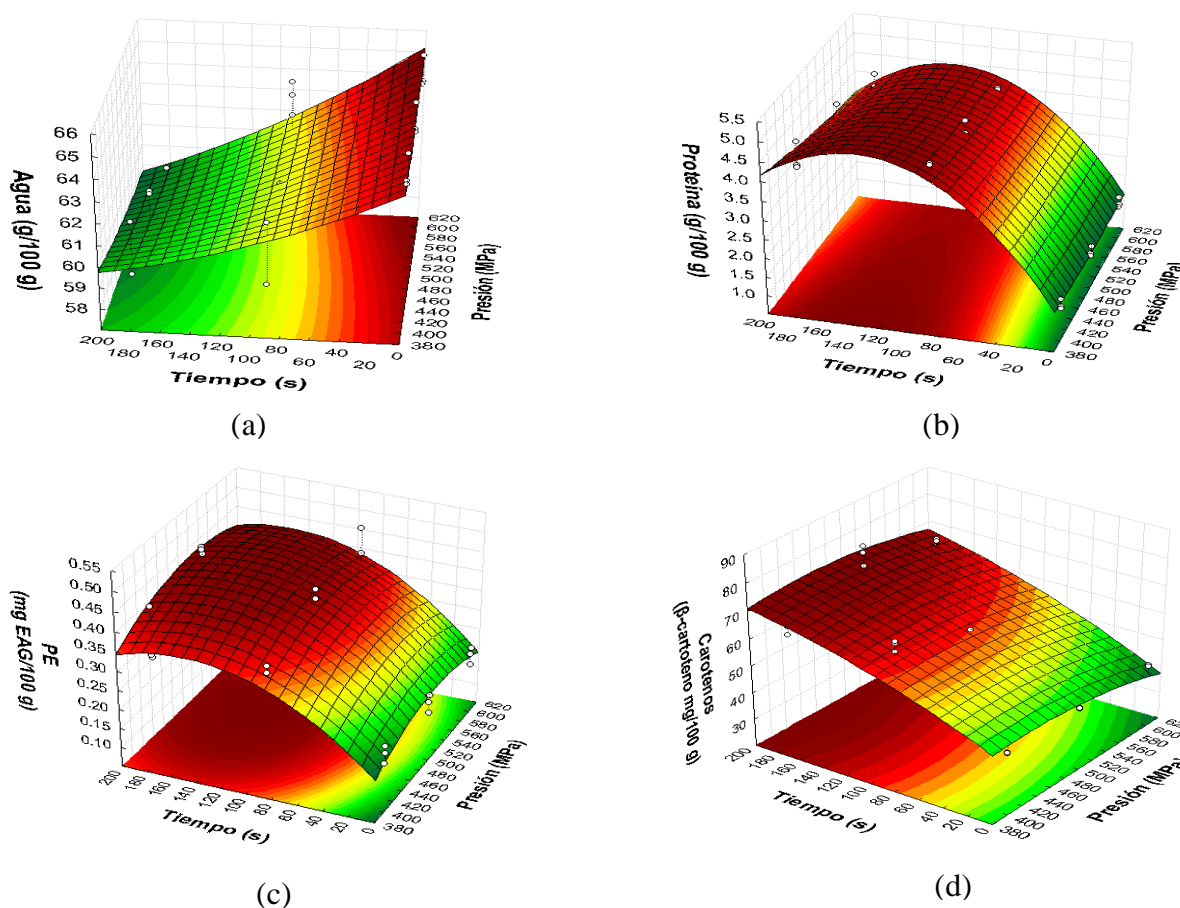


Figura 1: Efecto de la presión y tiempo en el contenido de agua (a), (proteína (b), polifenoles extraíbles (c) y carotenos (d) de la pulpa de plátano macho.

Efecto de la HHP en las características físicas del plátano macho

En la tabla 2 se presenta el análisis de regresión de las características físicas de la pulpa de plátano macho tratada por HHP. En la dureza ($R^2=0.90$), la presión presentó un efecto lineal positivo, el cual indica que a presiones mayores de 540 MPa se presentará menor pérdida de dureza en la pulpa tratada. Sin embargo, el tiempo presentó un efecto lineal negativo, a tiempos prolongados de tratamiento la pulpa tendrá menor dureza (figura 2). Asimismo, los factores de presión (positivo) y tiempo (negativo) presentaron un efecto lineal (tabla 2) mostrando que causan un efecto significativo en la masticabilidad. Así también en la cohesividad, el factor tiempo presentó un efecto lineal positivo el cual indica que a tiempos prolongados del tratamiento se origina menor pérdida de la cohesividad de la pulpa tratada por HHP. Los cambios en la dureza, masticabilidad y la cohesividad se puede deber a cambios en la conformación de la matriz del alimento debido a la dilatación, separación o destrucción del tejido celular (Trejo-Araya *et al.*, 2007), estos cambios pueden ser atribuidos a la desestructuración de los componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa, lignina, pectinas, proteína resistente), y despolimerización de los polisacáridos de la misma (Oey *et al.*, 2008).

Tabla 2: Resultados del análisis de regresión en las características físico de la pulpa de plátano macho.

Parámetros	Textura			Color			Diferencia de color
	Dureza	Masticabilidad	Cohesividad	Luminosidad	a*	b*	
Intercept (β_0)	67.43*	33.48	1.48*	67.85*	8.52*	33.80*	11.70*
Pressure (β_1)	4.79*	3.48*	0.08*	-0.63*	0.09	0.72*	0.64*
Time (β_2)	-21.56*	-2.71*	1.91*	-4.51*	2.07*	1.77*	5.05*
(Pressure) ² (β_{11})	-2.14	-3.26	-0.12	0.18	-0.61*	1.02*	-0.44
(Time) ² (β_{22})	18.19*	0.94*	-2.07*	0.18	-0.52*	1.77*	6.34*
Pressure×Time (β_{12})	8.19*	5.27*	0.09	0.05	0.27	-0.97*	0.21
R ²	0.90	0.56	0.84	0.95	0.94	0.75	0.97

*significativo $p < 0.05$

La luminosidad (L^*) presentó un valor de coeficiente de determinación (R^2) de 0.95, donde la presión y el tiempo mostraron un efecto lineal negativo (tabla 2), en el cual a tiempos prolongados y presiones altas se presentó menor valor de luminosidad (L^*) en la pulpa tratada, esto puede estar relacionado con las modificaciones de la estructura celular, debido a las alteraciones en la matriz celular del alimento que pueden afectar el grado interno de dispersión de la luz y la distribución de la superficie de reflectancia (Oey *et al.*, 2008). En el parámetro de color a^* ($R^2 = 0.94$) el tiempo presentó un efecto lineal positivo, que indica que a tiempos prolongados de tratamiento se obtendrán valores elevados de tonalidad roja. Sin embargo el efecto cuadrático del tiempo y la presión presentaron tendencia negativa, que predice que a presiones mayores de 600 MPa y tiempos mayores de 180 s el valor de a^* será menor (figura 2). Asimismo, en el parámetro de color b^* ($R^2 = 0.75$) el tiempo y la presión presentaron un efecto lineal como cuadrático, condicionando valores altos de b^* (tonalidad amarilla) en la pulpa tratada por HHP. Los cambios en los valores de color de a^* y b^* de la pulpa tratada por HHP, pueden estar relacionados con los cambios en el contenido de carotenos y en los polifenoles, los cuales tienen tonalidades amarillas, naranjas y rojas. Esto concuerda a lo reportado por Patras *et al.* (2009a) donde observó este efecto en el puré de zanahoria. Estos cambios se atribuyen a que durante el tratamiento por HHP el alimento puede sufrir cambios en la matriz del alimento afectando la concentración de pigmentos que son los responsables del color (Patras *et al.*, 2009a). La diferencia de color de la pulpa presentó una $R^2 = 0.97$, donde el tiempo y la presión mostraron un efecto lineal, con lo cual se podría considerar que a presión altas y a tiempos prolongados de tratamiento la diferencia de color de la pulpa aumentará. Patras *et al.* (2009b) explica que la aplicación de HHP presenta menor cambio de color en alimentos en comparación de los tratamientos térmicos como el escaldado, pasteurización.

Conclusiones

El análisis de regresión lineal fue una herramienta útil para investigar el efecto de la presión y el tiempo de residencia en la pulpa de plátano macho tratada por HHP, observando que el tiempo de residencia tiene una relación significativa en los cambios de las características químicas de la pulpa tratada por HHP, sin embargo la presión como el tiempo presentaron una relación directa en las modificaciones en las características físicas de la pulpa. Asimismo, se pudo observar que la tecnología de HHP en condiciones de proceso a nivel industrial mejoro el valor nutricional de la pulpa de plátano macho al hacer mayormente cuantificable el contenido de proteínas, polifenoles extraíbles y carotenos. Así también, produjo un efecto significativo en la textura y en el color de la pulpa donde presento un mayor valor de a^* y b^* de la pulpa tratada por HHP.

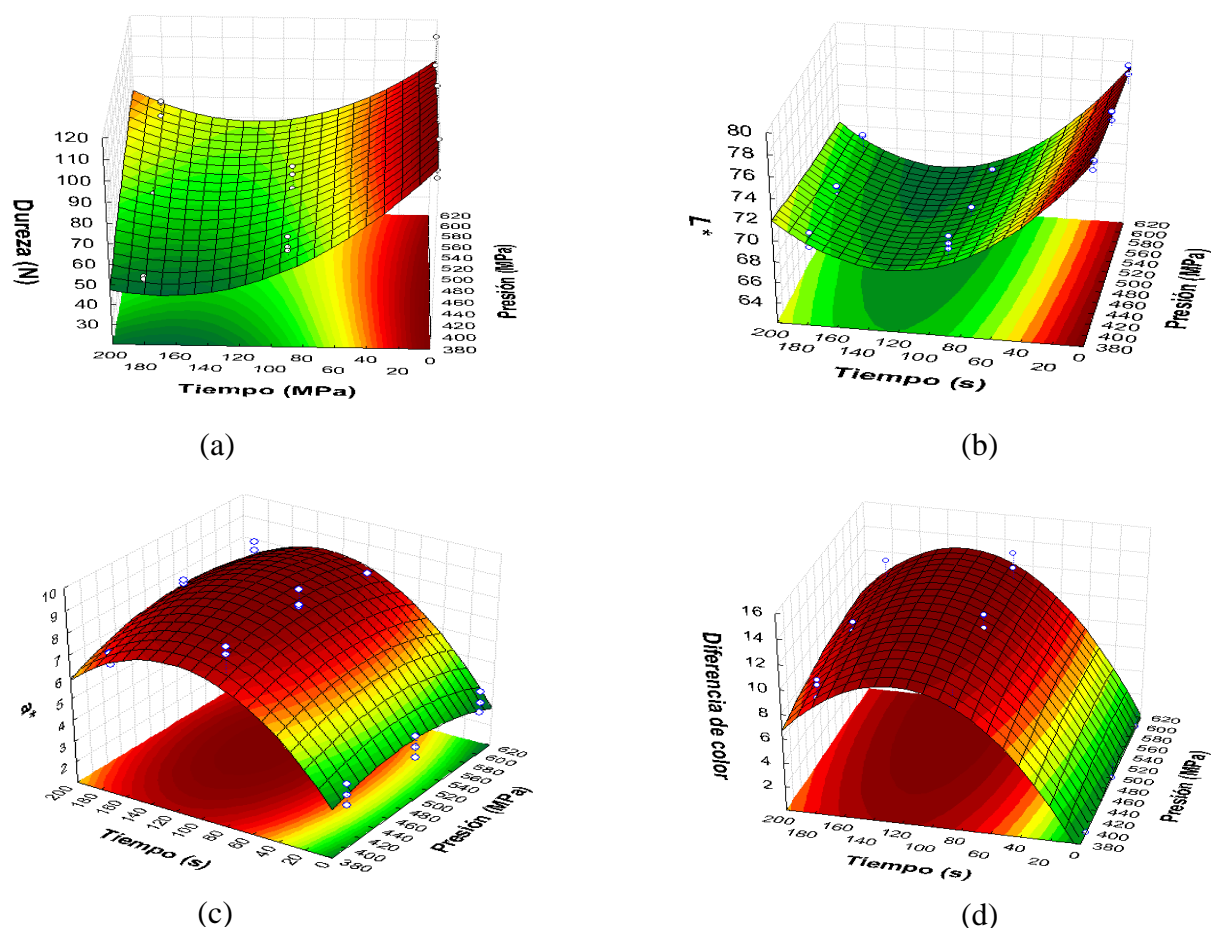


Figura 2: Efecto de la presión y el tiempo de tratamiento de HHP en la dureza (a), L^* (b), a^* (c) y diferencia de color (ΔE) de la pulpa de plátano macho.

Referencias

1. Association of Official Analytical Chemist (AOAC). (1999). Official Methods of Analysis (19th ed.). Washington DC: Association of Official Analytical Chemist.
2. Aurore, G., Parfait, B. and Fahrasmane, L. (2009). Bananas, raw materials for marking processed food products. *Trends in Food Sci. Technol.* (20) 78-91.
3. Bravo, L. and Saura-Calixto, F. (1998). Characterization of the dietary fiber and the *in vitro* indigestible fraction of grape pomace. *Am. J. Enol. Viticult.* (49): 135-141.
4. Banerjee, S., Halder, B., Barman, N. R., and Ghosh, A. K. (2011). An Overview on different variety of Musa species: Importance and its enormous pharmacological action. *J. f Pharm. and Herbal Form.* (1) 1-11.
5. Briones-Labarca, V., Muñoz, C., Maureira, H. (2011). Effect of high hydrostatic pressure on antioxidant capacity, mineral and starch bioaccessibility of a non conventional food: *Prosopischilensis* seed. *Food Res. Int.* (44) 875-883.
6. Clariana, M., Valverde, J., Wijngaard, H., Mullen, A.M. and Marcos, B. (2011). High pressure processing of swede (*Brassica napus*): Impact on quality properties. *Innovative Food Sci. Emerg Technol.* (12) 85-92.
7. Demazeau, G., and Rivalain, N. (2011). The development of high hydrostatic pressure processes as an alternative to other pathogen reduction methods. *J. Appl. Microbiol.* (44) 875-883.

8. Happi Emaga, T., Robert, C., Ronkart, S. N., Wathelet, B. and Paquot, M. (2008). Dietary fibre components and pectin chemical features of peels during ripening in banana and plantain varieties. *Bioresource Technol.* (99) 4346-4354.
9. Kainga, P-E and Seiyabo, I-T. (2012). Economics of plantain production in Yenagoa local government area of Bayelsa State. *JASR.* (12) 114-123.
10. Landl, A. Abadias, M., Sárraga, C., Viñas, I., and Picouet, P.A. (2010). Effect of high pressure processing on the quality of acidified Granny Smith Apple purée product. *Innovative Food Sci. Emerg Technol.* (11) 557-564.
11. Nuñez-Mancilla, Y., Pérez-Won, M., Uribe, E., Vega-Gálvez, A. and Di Scala, K. (2013). Osmotic dehydration under high hydrostatic pressure: Effects on antioxidant activity, total phenolics compounds, vitamin C and colour of strawberry (*Fragaria vesca*). *LWT-Food Sci. Technol.* (52) 151156.
12. Ortega, V.G., Ramirez, J.A., Velázquez, G., Tovar, B., Mata, M., Montalvo, E. (2013). Effect of high hydrostatic pressure on antioxidant content of "Ataulfo" mango during postharvest maturation. *J Food Sci. and Technol.* 33(3):561-568
13. Oey, L., Lille, M., Loey, A. V. and Hendrickx, M. (2008). Effect of High pressure processing on color, texture and flavor of fruit and vegetable-based food products: a review. *Trends in Food Sci. Technol.* (19) 320-328.
14. Patras, A., Brunton, N., Da Pieve, S., Butler, F. and Downey, G. 2009a. Effect of thermal and high pressure processing on antioxidant activity and instrumental colour of tomato and carrot purées. *Innovative Food Sci. Emerg Technol.* (10) 16-22.
15. Patras, A., Brunton, N., Da Pieve, S. and Butler, F. (2009b). Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of strawberry and blackberry purées. *Innovative Food Sci. Emerg Technol.* (10) 308-313.
16. Patthamakanokporn, O., Puwastien, P., Nitithamyong, A., & Sirichakwal, P.P. (2008). Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruit. *J. Compos, and Analy.* (21) 241-248.
17. Rawson, A., Patras, A., Tiwari, B. K., Noci, F., Koutchma, T., and Brunton, N. (2011). Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances. *Food Res. Int.* (44) 1875-1887.
18. Rebolledo, E., Salazar, J. and Rebolledo, M. (2010). Plantain (*Musa AAB*) processor industries in the south of Maracaibo Lake, Central and Capital regions of Venezuela. *Rev. Fac. Agron.* (27) 144-161.
19. Vázquez-Gutiérrez, J. L., Quiles, A., Hernando, I. and Pérez-Munuera, I. (2011). Changes in the microstructure and location of some bioactive compounds in persimmons treated by high hydrostatic pressure. *Posthar. Biol. Technol.* (61) 137-144

Potenciales efectivos tipo grano grueso para el plegamiento de ácido ribonucleico

O. Taxilaga-Zetina^{1*}, H. J. Medel-Cobaxin¹, J. R. González-Cadena², R. E. Telona-Torres², I. Carmona-Loeza³

¹Departamento de Investigación, Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, Carr. Costera del Golfo, km 140+100, Matacapán, C.P. 95804, San Andrés Tuxtla, Ver., México

²Departamento de Ingeniería en Informática, Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, 95804, San Andrés Tuxtla, Ver., México

³Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla, 95804, San Andrés Tuxtla, Ver., México

*tazos2021@gmail.com

Área de participación: Ingeniería en Sistemas Computacionales

Resumen

En este trabajo presentamos una serie de potenciales efectivos obtenidos a través de datos experimentales de moléculas largas de ácido ribonucleico cristalizadas. Mostramos que los potenciales de Watson-Crick son los predominantes y obtenemos posibles resultados para la energía de los enlaces de hidrógeno que forman este tipo de interacción. Encontramos también posibles valores para la quiralidad de la molécula proporcionado por los potenciales de torsión presentes en las moléculas. Finalmente, mostramos que es necesario introducir la orientación en las funciones de distribución radiales.

Palabras clave: Potenciales efectivos, ARN, ADN, ácidos nucleicos

Abstract

We present a series of effective potentials obtained through experimental data of large molecules of ribonucleic acid crystallized. We show that the potential of Watson and Crick are the predominant interaction and we obtain possible values for the energy of the hydrogen bonds forming this type of interaction. We are also possible values for the chirality of the molecule provided by the torsion potential present in the molecules. Finally, we show that it is necessary to introduce orientation in radial distribution functions.

Introducción

El ácido ribonucleico (ARN) es crucial para la vida. Desde su descubrimiento en 1868 por Friedrich Meischer ha sido extensamente estudiado debido a las funciones que realiza dentro de las células. Una de sus funciones es la codificación de proteínas. El ARN está formado por 4 nucleótidos: adenina (A), citocina (C), guanina (G) y uracilo (U). La combinación lineal de 3 nucleótidos forma codones y cada codón forma un aminoácido.

Durante mucho tiempo se pensó que el número de genes de un organismo determinaba su grado de inteligencia [1], sin embargo, en la última década se ha descubierto que no es el número de genes lo que determina eso, sino, posiblemente el número de diferentes tipos de ARN que contenga el organismo. Descubrimientos recientes indican que existe una amplia variedad de ARN's, y que apenas hemos entendido las funciones de algunos. Entre los miembros de esta amplia gama podemos encontrar [2]:

- ARN mensajero: lleva la información sobre la secuencia de aminoácidos de la proteína desde el ADN hasta el ribosoma, lugar en que se sintetizan las proteínas de la célula.

- ARN ribosómico: son el componente catalítico de los ribosomas; se encargan de crear los enlaces peptídicos entre los aminoácidos del polipéptido en formación durante la síntesis de proteínas.
- ARN de transferencia: son cortos polímeros de algunas decenas de nucleótidos que transfiere un aminoácido específico al polipéptido en crecimiento; se unen a lugares específicos del ribosoma durante la traducción.
- ARN de interferencia: son moléculas de ARN que suprimen la expresión de genes específicos mediante mecanismos conocidos globalmente como ribointerferencia o interferencia por ARN.
- Etc.

El problema del plegamiento de cadenas de ARN ha sido estudiado con una gran variedad de aproximaciones. Las primeras en su tipo fueron las simulaciones de la estructura secundaria, como el programa MFOLD de Michael Zuker [3]. Con este programa es posible calcular la estructura secundaria de moléculas de ARN formadas por decenas de nucleótidos. Sin embargo, se ha detectado que el programa tiene fallas notables cuando, por ejemplo, dos cadenas que se diferencian en un solo nucleótido son simuladas, las estructuras obtenidas son básicamente las mismas [4].

Modelos más complejos son capaces de simular estructuras terciarias. Entre los que podemos mencionar se encuentran The Nucleic Acid Simulation Tool (NAST) [5], que es una herramienta que permite predecir la estructura 3D de ARN, y utiliza como datos iniciales la estructura primaria, secundaria y opcionalmente los contactos en la estructura terciaria. Con estos datos, la herramienta es capaz de calcular estructuras muy complejas, como cadenas tipo cabeza de martillo. Otra de las herramientas muy utilizadas es MC FOLD | MC SIM, que es capaz, al igual que la anterior herramienta, de crear estructuras 3D complejas [6].

No hay duda de que la estructura tridimensional de la molécula de ARN es esencial para definir su función biológica, es más, es generalmente aceptado que para entender las funciones del ARN, es necesario entender su complejo sistema de plegamiento.

Metodología

Para el presente estudio fue necesario crear una base de datos compuesta de 50 diferentes tipos de ARN. Cada archivo contiene alrededor de 60,000 átomos entre carbonos, oxígenos, nitrógenos y fósforos, lo que hacen aproximadamente 3000 nucleótidos por cadena de ARN. Estos datos fueron descargados desde el Protein Data Bank (PDB) [7].

La representación GG para el ARN se hace de manera tal que podamos identificar cada tipo de nucleótido en la cadena, como lo muestra la figura 1.

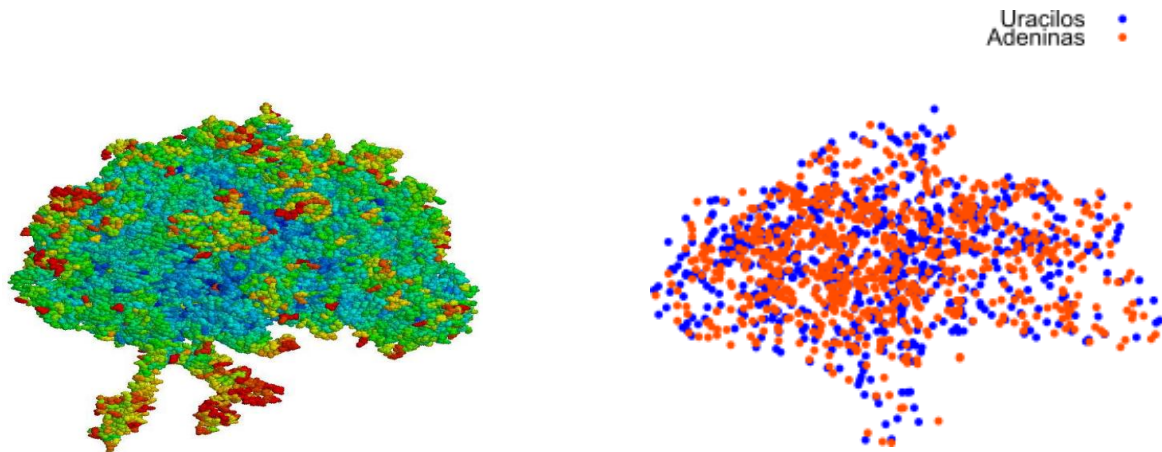


Figura 1: Representación en GG de la molécula de ARN ribosómico con código pdb 2aw4. A la izquierda se representan los centros de masas de todos los nucleótidos, a la derecha, en azul, están representadas los centros de masas de las adeninas y en naranja los centros de masa de los uracilos.

Cada tipo de nucleótido es marcado con un identificador único, que servirá para conocer cada par de partículas interactuantes.

Para obtener los potenciales efectivos podemos apoyarnos en las funciones de distribución, que nos indicarán la energía potencial efectiva a la cual está sometida la molécula. Dado que esto es un tratamiento fenomenológico, nosotros hemos propuesto 4 tipos de potenciales: potencial radial, radial-angular, de flexión y de torsión.

Funciones de correlación

Para cada par de partículas interactuantes hemos propuesto diferentes funciones de correlación. Para el par de partículas $(i, i + 1)$, el vector asociado es $\mathbf{a}_{i+1} = \mathbf{r}_{i+1} - \mathbf{r}_i$, donde $|\mathbf{a}_{i+1}|$ es la distancia característica entre dos nucleótidos y es obtenida estadísticamente.

El ángulo entre el par de nucleótidos $(i, i + 2)$ está definido por $\theta = -\mathbf{a}_{i+2} \cdot \mathbf{a}_{i+1} / (|\mathbf{a}_{i+2}| |\mathbf{a}_{i+1}|)$ y su correspondiente función de correlación es definida por $\pi \rho_\theta g_{\mu\gamma}(\theta) d\theta$, que es el número de nucleótidos que se encuentran entre dos conos de apertura θ y $\theta + d\theta$ y centrados en un nucleótido de especie arbitraria (ver fig. 2) [8]. En este caso, ρ_θ es la densidad angular de partículas, definida por $\rho_\theta = 2/\pi$ y $g_{\mu\gamma}(\theta)$ es la función de distribución angular de flexión entre los nucleótidos de la especie μ y γ .

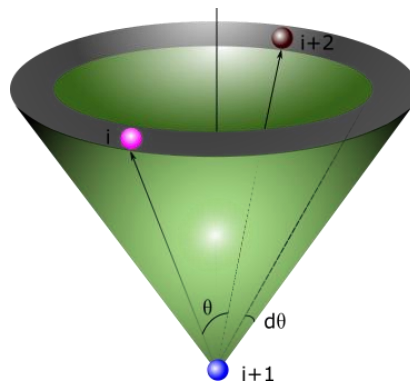


Figura 2: Modelo empleado para obtener la función de correlación angular de flexión. El nucleótido $i + 1$ es de especie arbitraria.

La función de correlación angular de torsión entre los nucleótidos $(i, i + 3)$ es obtenida calculando el ángulo de torsión entre ellos (ver figura 3), esto es, $\varphi = \pi + \text{atan2}[|\mathbf{a}_{i+2}| \mathbf{a}_{i+1} \cdot (\mathbf{a}_{i+2} \times \mathbf{a}_{i+3}), (\mathbf{a}_{i+1} \times \mathbf{a}_{i+2}) \cdot (\mathbf{a}_{i+2} \times \mathbf{a}_{i+3})]$, mientras que la función de correlación es $\rho_\varphi g_{\mu\gamma}(\varphi) d\varphi$, donde $\rho_\varphi = 1/\pi$ es la densidad numérica [8].

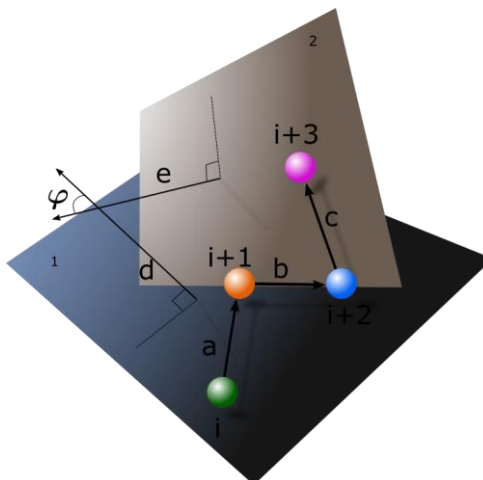


Figura 3: Modelo empleado para obtener la función de correlación angular de torsión. Los nucleótidos $i+1$ e $i+2$ son de especie arbitraria.

Para calcular la función de distribución radial (FDR), es elegida una región de la molécula que tenga una densidad numérica más o menos uniforme. Las funciones de correlación entre partículas son obtenidas para el par de partículas (i, j) , con $j \geq i + 4$. Primero elegimos una esfera de prueba de radio r_{max} y volumen $V = 4\pi r_{max}^3/3$, que contiene uno o dos tipos de bases μ y γ . A una distancia r dada, la FDR $g_{\mu\gamma}(r)$ está determinada por la ecuación (2).

$$g_{\mu\gamma}(r) = \frac{NV}{N_{\mu}N_{\gamma}} \left(\frac{h(r)}{N4\pi r^2 dr - NV_c(r)} \right), \tag{2}$$

donde N_{μ} y N_{γ} es el número de partículas de la especie μ y γ dentro del volumen V , $N = N_{\mu} + N_{\gamma}$ y $h'(r)$ es el número de partículas contenidas entre dos esferas concéntricas de radios r y $r + dr$, en torno a un centro común, como lo muestra la figura 4. Para partículas dentro de la región I, $V_c(r) = 0$.

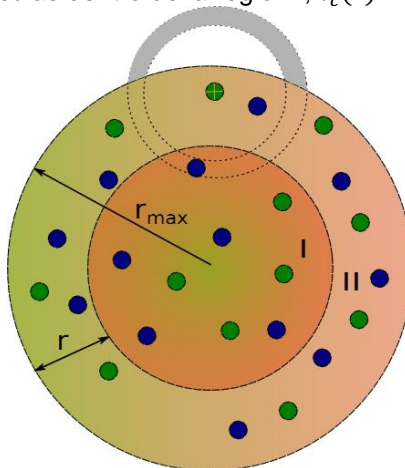


Figura 4: Geometría empleada para corregir el efecto de tamaño finito en los cálculos de $g_{\mu\gamma}(r)$. La esfera está dividida en las regiones I (una esfera de radio $r_{max} - r$) y la región II (entre la esfera de prueba y la región I). Para las partículas de la región II se observa un exceso de volumen $V_c(r)$ que debe ser eliminado.

Para las partículas de la región II, el volumen sobrante está dado por la ecuación (3) [9]:

$$V_c(r) = \pi \left[(r_{max}^2 - r^2) \ln \left(1 - \frac{r}{r_{max}} \right) + \frac{3r^2}{2} + rr_{max} \right] dr \tag{3}$$

Para el caso de las interacciones Watson-Crick (WC) (adenina-uracilo, guanina-citocina y guanina-uracilo), fue necesario tomar el sentido orientacional de la FDR. La función de correlación radial-angular $g_{\mu\gamma}(r, \alpha)$ es determinada en el entendimiento de que $4\pi r^2 \rho_\alpha N_\mu N_\gamma g_{\mu\gamma}(r, \alpha) dr d\alpha / NV$ es el número de nucleótidos de especie γ encontrado entre los ángulos α y $\alpha + d\alpha$, localizados entre dos esferas concéntricas de radios r y $r + dr$, alrededor de un nucleótido central de especie μ . N_μ y N_γ es el número de nucleótidos de cada especie dentro del volumen V y $N = N_\mu + N_\gamma$. En este caso, la densidad angular es $\rho_\alpha = 2/\pi$.

Potenciales efectivos

Todos nuestros potenciales efectivos (PE) fueron derivados para cuatro tipos de interacciones, a saber, de flexión, torsión, radial y radial-angular. En total fueron derivadas 21 tipos de correlación entre pares. En todos nuestros cálculos encontramos que los efectos de muchos cuerpos son despreciables, por lo que nuestros PE fueron calculados usando el límite de bajas densidades, esto es, usando un potencial de fuerza media:

$$\beta u_{\mu\gamma} = -\ln[g_{\mu\gamma}(\xi)], \tag{4}$$

aquí $\beta^{-1} = k_B T$ es la energía térmica, k_B es la constante de Boltzmann y ξ es la variable independiente. Para el caso del potencial angular, calculamos 10 potenciales efectivos, uno para cada par de nucleótidos, sin embargo, los resultados obtenidos eran en promedio iguales. El potencial e interacción de flexión es el que se muestra en la figura 5. El mínimo del potencial se encuentra situado en $(151 \pm 4)^\circ$.

Para el caso del potencial efectivo de torsión cada una de las interacciones entre pares fueron significativamente distintas, como lo muestra la figura 6. Como puede observarse, los potenciales de interacción son significativamente grandes (alrededor de $0.5 k_B T$). Lo cual demuestra la gran complejidad de las cadenas de estudio. Esto no debería sorprendernos, ya que debemos tener en cuenta que una cadena completa de ADN mide alrededor de 2m completamente estirada y debe caber casi toda en el núcleo de una célula.

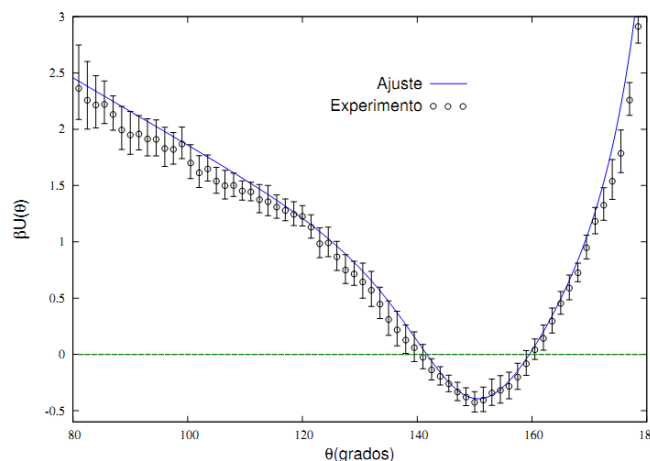


Figura 5: Potencial angular de flexión. Los círculos vacíos representan los datos experimentales. La línea continua es un ajuste tipo Padé.

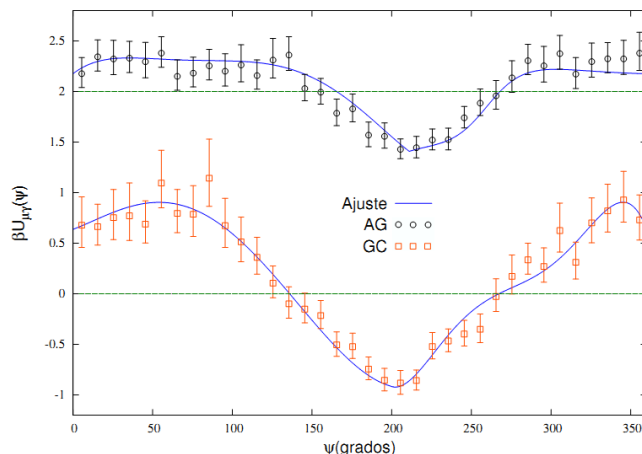


Figura 6: Potencial angular de torsión. Arriba, en círculos vacíos se muestran los resultados experimentales del potencial AG, abajo, en cuadrados vacíos el potencial de torsión GC. Las líneas continuas son ajustes tipo Padé.

Calculamos siete potenciales puramente radiales, para las interacciones que no son tipo WC, esto es, AA, AC, AG, CC, CU, GG, UU. Cada potencial de interacción entre pares de nucleótidos también muestra muchas diferencias entre cada par, como lo muestra la figura 7. Para el caso del potencial radial entre citosinas, el pozo de potencial se encuentra a 10.5 \AA y tiene una altura de $-0.3k_B T$, para el caso de las guaninas, el pozo se encuentra a una distancia de 9.5 \AA y tiene una altura de $-0.2k_B T$.

Para los tres potenciales restantes (AU, GC y GU), como mencionamos anteriormente, es necesario introducir la información orientacional, esto dió como resultado potenciales tridimensionales. Para el caso AU, encontramos un potencial con una profundidad de $-1.0k_B T$, localizado a 45° . Claramente, también se observa una barrera de potencial en 165° . El potencial GC, presenta un pozo de potencial de $-1.3k_B T$, mientras que el potencial GC presenta un pozo de $-0.6k_B T$, todos estos potenciales se encuentran localizados a $(45 \pm 15)^\circ$ y a una distancia de $(11.4 \pm 0.3) \text{ \AA}$.

Resultados y discusión

Mediante el uso de la física estadística fue posible encontrar un conjunto de potenciales efectivos que pueden modelar el plegamiento de moléculas de ARN. Estos potenciales tienen la ventaja de haber sido obtenidos directamente del experimento y además tiene implícito el comportamiento del solvente.

Demostramos que el potencial de flexión es muy similar en cada par de interacción y que las razones por las

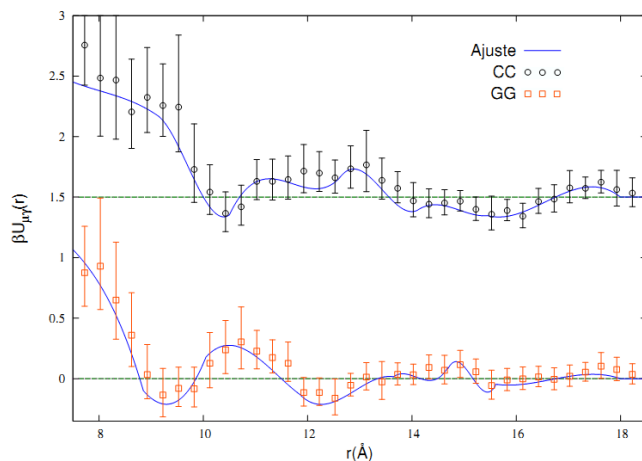


Figura 7. Potencial radial. Arriba, en círculos vacíos se muestran los resultados experimentales del potencial radial entre citosinas. Abajo, en cuadrados vacíos, el potencial radial entre guaninas. Las curvas continuas son ajustes tipo Padé.

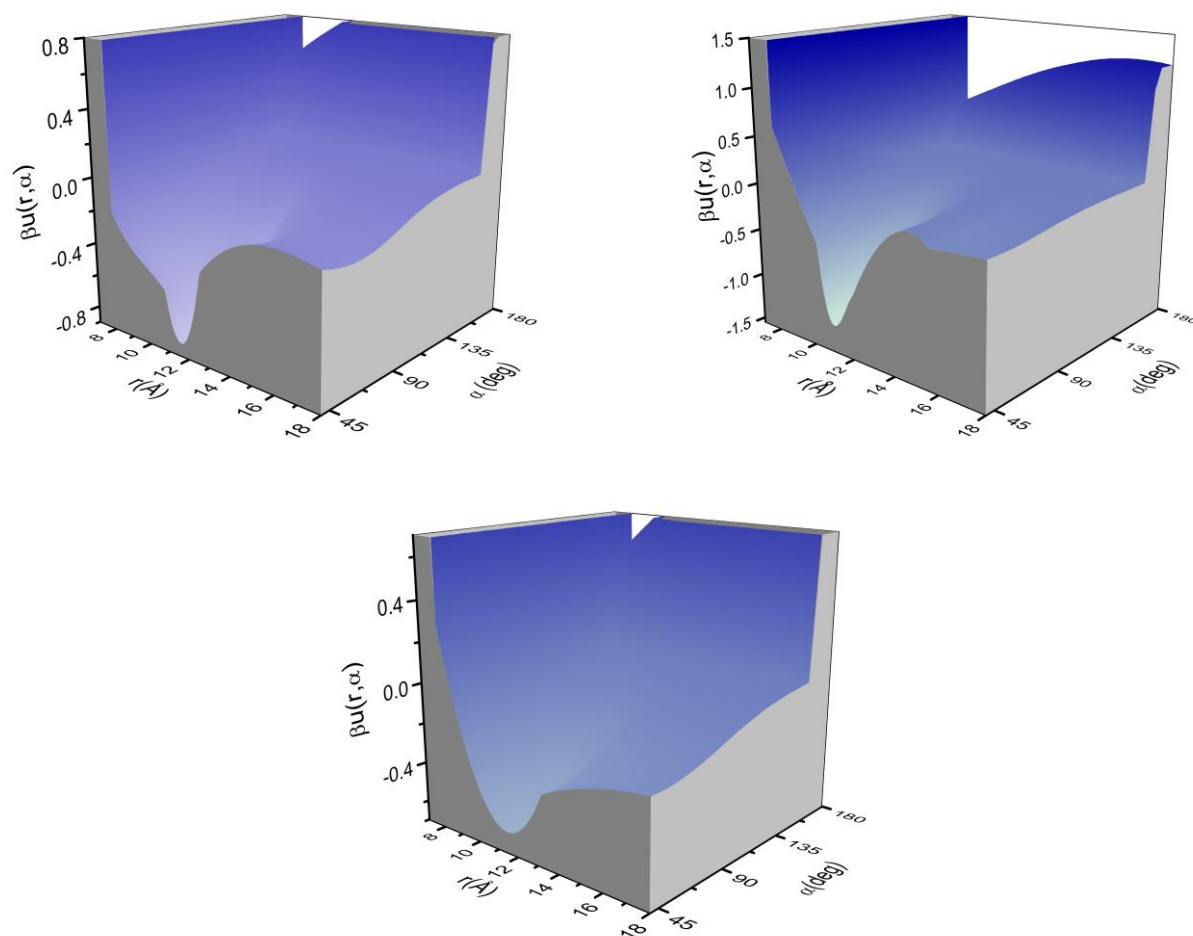


Figura 8: Potenciales radiales-angulares para las interacciones WC. Arriba, a la izquierda, el potencial radial-angular AU. Arriba, a la derecha, el potencial radial-angular GC. Abajo, al centro, el potencial radial-angular GU. Para mejor apreciación, se omiten las barras de error.

cuales una molécula de ARN puede plegarse de formas tan complejas puede deberse a las interacciones de flexión y a la complejidad de los enlaces de hidrógeno creados por las interacciones WC, como lo demuestran la profundidad de los pozos en todos estos casos. Aunque el método GG tiene la desventaja de eliminar un poco de resolución, éste puede ser introducido en un modelo de alta resolución y actuar como catalizador. Posteriormente podrían agregarse componentes más refinados para hacer más exacto el modelado de plegamiento.

Referencias

- [1] www.economist.com, *Biology's Big Bang*, jun 14th 2007.
- [2] Lehninger AL, David L. Nelson, Michael M. Cox, Principios de bioquímica. (2a ed. Omega 1992).
- [3] M. Zuker, *Nucleic Acids Res.* **31**, 3406 (2003) ;D.H.Mathews, J. Sabina, M. Zuker, and D. H. Turner, *J. Mol. Biol.* 288,911 (1999).
- [4] M. A. Jonikas, R. J. Radmer, A. Laederach, R. Das, S. Pearlman, D. Herschlag, and R. B. Altman, *RNA* **15**, 189 (2009).
- [5] M. Parisien and F. Major, *Nature (London)* 452, 51 (2008).

- [6] <http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do>
- [7] O. Taxilaga-Zetina, P. Pliego-Pastrana and M. D. Carbajal-Tinoco, Phys. Rev. E **81**, 041914 (2010).
- [8] P. Pliego-Pastrana and M. D. Carbajal-Tinoco, J. Phys. Chem. B, **110**, 24728 (2006).

Obtención y caracterización física y química de concentrados de fibra dietaria obtenidos de bagazo de piña

Gabriela Aguilar Hernández¹, María de los A. Vivar Vera^{1*}, Araceli Pérez Silva¹, Irving I. Ruiz López², Guadalupe Vivar Vera³

¹Coordinación de Posgrado, Depto. de Ingeniería Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Av. Dr. Víctor Bravo Ahuja S/N. Col. 5 de Mayo, Tuxtepec, Oaxaca, C. P. 68350, México

²Facultad de Ingeniería Química. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Av. San Claudio y 18 Sur. Ciudad Universitaria. C.P. 72570. Puebla, Puebla. México.

³Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas-Orizaba. Prolongación Oriente 6, No.1009. Col. Rafael Alvarado. Orizaba, Veracruz, México *angelesvivar@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En este estudio se caracterizaron química y físicamente concentrados de fibra dietaria (CFD) obtenidos a partir de bagazo generado de la agroindustria de piña (BP). Se evaluó el contenido de polifenoles extraíbles (PE), capacidad antioxidante (ABTS+), fibra dietaria total (FDT), soluble (FDS) e insoluble (FDI), carotenoides y color (L^* , a^* , b^*) después de la aplicación de un escaldado a presión en el bagazo antes de obtener el CFD. El bagazo y los CFD escaldados mostraron un aumento significativo en el contenido de PE, capacidad antioxidante y FDT. El CFD obtenido de bagazo escaldado secado en charolas presentó el mayor contenido de PE (0.28 g GAE/100 g ms) con una elevada capacidad antioxidante (ABTS+) (8.11 $\mu\text{mol TE/g ms}$) y valores de color ($L^*=67.77$, $a^*=2.35$, $b^*=15.28$). Además mostró el mayor contenido de FDT (91.64 %), FDI (76.36%), FDS (17.28%) y carotenos (1102.08 mg β -caroteno/100 g ms). Por lo tanto, este residuo es una materia prima viable tratada por escaldado para obtener CFDs con propiedades antioxidantes con el posible uso como ingredientes funcionales en alimentos.

Palabras clave: concentrados de fibra dietaria, bagazo de piña, capacidad antioxidante, escaldado.

Abstract

In this study, high dietary fiber powders (HDFP) obtained from bagasse generated from pineapple agroindustry (BP) were chemical and physically characterized. The content of extractable polyphenols (EP), antioxidant capacity (ABTS+), total (TDF), soluble (SDF) and insoluble (IDF) dietary fiber, and carotenoids and color (L^* , a^* , b^*) were evaluated after applying a treatment of pressure steam blanching to the bagasse previous to the obtention of the HDFP. The Bagasse and HDFPs blanched showed a significant increase in PE content, antioxidant capacity and TDF. The HDFP obtained from bagasse blanched and dried by slices showed the highest content of EP (0.32 g GAE/100 g ms) with high antioxidant capacity (8.11 mol TE/g ms) and color values ($L^*=67.77$, $a^*=2.35$, $b^*=15.28$). It also showed the highest content of TDF (91.64%), IDF (76.36%), SDF (17.28%) and carotenoids (β -carotene 1102.08 mg/100 g ms). Therefore, this bagasse is a viable raw material treated by steam blanching for obtaining HDFPs with antioxidant properties with potential use as functional ingredients in functional foods.

Introducción

La piña (*Ananas comosus*) es un fruto de la familia de la Bromeliáceas, originaria de Colombia y fue introducida en México en 1903, es el tercer fruto más cultivado a nivel mundial. De acuerdo a datos recientes, México ocupa el noveno lugar a nivel mundial en producción de piña, siendo los principales estados productores Veracruz y Oaxaca que aportan el 85% de la producción a nivel nacional, así como Nayarit, (Sistema Producto Piña, 2012). La piña contiene principalmente agua,

carbohidratos, azúcares, vitaminas A, C y β -carotenos, proteínas, grasas, cenizas, además de ácido cítrico, ácido ascórbico, fibra dietaria (FD) y antioxidantes (Da Silva, 2012). Este fruto se comercializa tanto en fresco como procesado, del cual se generan importantes cantidades de residuos de diferentes líneas de procesamiento (jugos, néctares, almíbares), los cuales están constituidos principalmente de cáscara, pulpa y corazón, en mayor o menor proporción, los cuales representan alrededor del 25-35% del peso del fruto en fresco (Mhatre, 2009; Selani, 2014). Estos residuos son únicamente utilizados como alimento para ganado, fertilizantes y la mayor parte desechada al medio ambiente, causando contaminación.

Actualmente se ha dado auge al aprovechamiento de los residuos de la agroindustria de frutas como fuente de fibra dietaria. La FD es la parte comestible de las plantas o análogos de carbohidratos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado del humano con una fermentación completa o parcial en el intestino grueso (AACC, 2001). La FD, constituida por las fracciones soluble e insoluble, tiene efectos fisiológicos y gastrointestinales, que son considerados benéficos para la salud, incluyendo la reducción de cáncer, obesidad, enfermedades cardiovasculares, hipercolesteremia y diabetes tipo II. Consecuentemente el consumo de alimentos que contengan FD es recomendable, lo cual ha impulsado el desarrollo de nuevos procedimientos tecnológicos para la preparación de polvos con alto contenido de FD con propiedades antioxidantes (Pantaleón-Velasco, 2014), también denominados CFD antioxidante. Los CFD se caracterizan por una alta concentración de FD total (>50%) y cantidades significativas de antioxidantes naturales (tales como carotenoides, vitamina C y polifenoles), (Larrauri, 1999; O'Shea *et al.*, 2012).

Se ha descrito que el procedimiento general para la obtención de CFD consiste en el lavado, secado y molienda en seco de los residuos de piña (De Escalada Pla *et al.*, 2010; O'Shea *et al.*, 2012; Pantaleón-Velasco, 2014.). Sin embargo, debido a que los materiales de origen vegetal se ven afectados en su calidad por la presencia de enzimas endógenas deteriorativas como la polifenoloxidasas, cuyo sustrato de la reacción de óxido-reducción son los polifenoles formando melanoidinas que son compuestos coloridos de alto peso molecular que produce colores indeseables y pérdida de la calidad sensorial y nutricional de los productos vegetales (Arnnok *et al.*, 2010)., es importante estabilizarlas, lo cual, generalmente se hace mediante la aplicación de tratamientos de calor, como el escaldado, para la inactivación de dichas enzimas el cual consta en someter a elevadas temperaturas que oscilan entre 80-100°C y tiempos de 20 s a 15 min un producto alimenticio (Zambrano *et al.*, 2008).

El estudio del aprovechamiento de los residuos de la agroindustria de piña ha cobrado importancia debido a su composición nutrimental. El bagazo de piña se ha propuesto como ingrediente para enriquecer productos extrudidos (Selani *et al.*, 2014). Asimismo, se han estudiado subproductos de la agroindustria de piña cosechada en Ecuador, constituidos por cáscara y corazón, preparados parcialmente como CFD sin previo escaldado de la materia prima, el cual sugiere a dichos residuos como materia prima viable como fuente de FD (Martínez *et al.*, 2012).

El objetivo de este trabajo fue obtener CFD antioxidante a partir de bagazo de piña generado de la agroindustria de piña, evaluando la influencia de un tratamiento previo de escaldado con vapor sobre sus características químicas y de color.

Materiales y métodos

Materia prima

El bagazo de piña (*Ananas comosus* var. Cayena Lisa) fue donado por una procesadora de piña ubicada en la ciudad de Loma Bonita, Oaxaca, México y era proveniente de la línea de producción de jugos, es decir bagazo de piña, que es una mezcla principalmente de pulpa y corazón y un mínimo de cáscara. El bagazo se guardó en bolsas de plástico y fueron almacenados en refrigeración (17°C) hasta su uso.

Preparación de la materia prima

El bagazo de piña fue sometido a escaldado en autoclave a 121 °C, 15 psi, 5 min para inhibir la actividad de la polifenoloxidasas que fue determinada por el método de Arnnok *et al.* (2010). Los dos lotes de bagazo fresco y escaldado, se les determinó su composición química proximal. Por

otro lado, el bagazo escaldado fresco fue guardado en bolsas al vacío para ser utilizado como materia prima para la obtención de los CFD.

Preparación de los concentrados de fibra dietaria (CFD)

Los CFD fueron obtenidos a partir del bagazo escaldado mediante el método planteado por Pantaleón-Velasco *et al.* (2014), el cual se basa en realizar una extracción acuosa en una relación 1:2 (p/v) a temperatura moderada (55°C), con un posterior prensado de la muestra y secado. En el presente trabajo los CFD fueron secados en charolas, además de ser secados por liofilización como método de secado control. Las muestras fueron molidas y tamizadas a un tamaño de partícula de 500µm. Los polvos de lo CFD obtenidos, se envasaron y almacenaron al vacío para realizar la determinación de compuestos polifenólicos extraíbles.

Selección del CFD y caracterización química

Se obtuvieron cuatro CFD, dos CFD a partir del bagazo de piña fresco (CFDBPF) sin tratamiento de escaldado y dos CFD a partir del bagazo de piña escaldado (CFDBPE), de los cuales, lotes por triplicado de CFDBPF y CFDBPE se sometieron a secado por charolas y liofilización, este último como control y se evaluó su contenido de polifenoles, capacidad antioxidante y carotenoides. Posteriormente, se seleccionaron los polvos de CFD de acuerdo a su mayor contenido de polifenoles y capacidad antioxidante y se les determinó el contenido de FDT, FDS y FDI. Se seleccionó uno de los cuatro polvos de CFD en base a su contenido de FD.

Métodos químicos analíticos

Composición química proximal

Las muestras se analizaron por triplicado para determinar humedad, cenizas, grasas, proteínas (N x 6.25) de acuerdo a los métodos 934.01 (método gravimétrico), 942.05 (incineración a 525 °C), 948.22 (aparato de Soxhlet usando éter de petróleo), 960.52 (método Kjeldahl) (AOAC, 2012). El contenido de carbohidratos fue determinado por diferencia.

Fibra dietaria (FD)

Se determinó el contenido de FD total, soluble (FDS) e insoluble (FDI) por el método enzimático-gravimétrico 991.43 (AOAC, 1992) y 32-07 (AACC, 1995).

Polifenoles extraíbles (PE)

Los PTE se extrajeron secuencialmente utilizando una solución acuosa metanol-acida (50:50 v/v) y acetona-agua (70/30 v/v) siguiendo el procedimiento descrito por Lecumberri *et al.*, 2007. Los sobrenadantes se combinaron y el total de PE se estimó por el método de Folin-Ciocalteu usando ácido gálico como estándar y el contenido de PE se expresó en gramos equivalente de ácido gálico por cada 100 g de materia seca (g GAE/100 g m.s)

Capacidad antioxidante

En los extractos polifenólicos se determinó la capacidad para secuestrar el catión radical libre 2,2'-azino-bis-(3-etil-benzotiazolina-6-ácido sulfónico) (ABTS+), mediante el método de decoloración de Re *et al.* (1999), donde el radical ABTS+ se forma por oxidación con persulfato de potasio. La reducción de ABTS+ se leyó a una absorbancia de 658 nm en presencia del extracto polifenólico y se monitoreo durante 6 min. Se calibró con la solución de Trolox y los resultados se expresaron como µmol equivalente de Trolox (TE) por gramo de muestra seca (µmol TE/g m.s).

Carotenos

Esta determinación consistió en la extracción de carotenos con hexano seguido de una centrifugación (10000 rpm, 15 min, 4 °C) con lecturas a una absorbancia de 448 nm utilizando una curva el estándar de β-caroteno (Ortega *et al.*, 2013). Los resultados se expresaron como mg equivalentes de β-caroteno/100 g ms.

Color

Se utilizó un colorímetro Hunter Lab Ultra Scan Vis (en el cual se midieron los parámetros de L^* (luminosidad), parámetro de color a^* (rojo/verde), y b^* (amarillo/azul). El análisis en las muestras se realizó por triplicado.

Análisis estadístico

Los resultados se registraron como la media de tres repeticiones \pm desviación estándar. Un ANOVA de una vía se ejecutó seguido de una prueba de la diferencia mínima significativa a un nivel de confianza del 95% utilizando el software estadístico Minitab 16 (Minitab Inc., State College, PA, EE.UU.).

Resultados y discusión

Caracterización química del bagazo de piña.

La composición química del bagazo de piña (BP) fresco y escaldado utilizado en este estudio se muestra en la tabla 1. Como en otras frutas el principal componente del bagazo de piña tanto fresco como escaldado es el agua (82.70 ± 0.98 y 82.30 ± 0.80 (b.h), respectivamente), seguidos de fibra dietaria, carbohidratos, proteínas, cenizas y grasas.

PARÁMETROS	MUESTRA	
	BP-FRESCO	BP- ESCALDADO
Humedad (g/100 g)	10.65 ± 0.54^a	8.13 ± 0.10^b
Cenizas (g/ 100 ms)	2.54 ± 0.06^a	1.74 ± 0.08^b
Proteínas (g/ 100 g ms)	1.76 ± 0.02^b	4.52 ± 0.11^a
Grasas (g/100 g ms)	0.83 ± 0.05^b	1.29 ± 0.19^a
Carbohidratos (g/ 100 g ms)	26.44 ± 0.48^a	23.58 ± 0.21^b
Fibra dietaria		
Fibra dietaria total (g/100 g ms)	58.36 ± 0.80^b	60.74 ± 0.84^a
Fibra dietaria insoluble (g/100 g ms)	51.93 ± 0.70^a	50.93 ± 1.07^b
Fibra dietaria soluble (g/100 g ms)	6.42 ± 1.50^b	9.81 ± 0.23^a
Polifenoles extraíbles (g GAE/100 g ms)	0.83 ± 0.05^b	1.29 ± 0.19^a
Capacidad antioxidante ABTS+ ($\mu\text{mol TE/ g ms}$)	7.50 ± 0.73^b	8.42 ± 0.30^a
Carotenos (mg eq β -caroteno/100 g ms)	391.31 ± 0.09^b	585.69 ± 0.09^a

Tabla 1. Composición química del bagazo de piña

Los resultados son el promedio \pm desviación estándar de los análisis por triplicado. Letras diferentes entre columnas denotan que existen diferencia mínima significativa ($P < 0.05$). BPF= bagazo de piña fresco, BPE=bagazo de piña escaldado. g GAE=gramos equivalente de ácido gálico, $\mu\text{mol TE/g ms}$ =micromol equivalente de Trolox por gramo de muestra seca

La tabla 1 muestra que después del tratamiento de escaldado el contenido de humedad, cenizas y carbohidratos disminuyó ($p>0.05$), mientras que el contenido de proteínas y grasas aumentó ($p>0.05$). Asimismo, se observa que el contenido de FDT y FDS aumentó ($p>0.05$) en la muestra escaldada lo cual se considera un beneficio ya que la FDS es considerada como un prebiótico (

El contenido de FDT de los residuos BPF y BPE de este trabajo presentaron un mayor contenido de FDT (58.36 y 60.74% respectivamente) que el reportado (45.22%) para polvos de una mezcla de residuos (pulpa y corazón) de piña originaria de Brasil (Selani *et al.*, 2014). Asimismo, el resultado obtenido en este estudio también fue más mayor al obtenido en otros residuos de frutas tales como bagazo de carambola (*Averrhoa carambola L.*) (36.6%) y uva (*Mulley Thurgau*) (28.01 ± 1.036) (Pantaleón-Velasco *et al.*, 2014; Zhu *et al.*, 2015).

El contenido de polifenoles y su capacidad antioxidante, así como el contenido de carotenos fue mayor ($p>0.05$) en el bagazo de piña escaldado que en el fresco. El escaldado un tratamiento térmico de corta duración que se realiza en frutas y vegetales con el objetivo de inactivar las enzimas propias de los mismos, que pueden provocar su deterioro incluso cuando el alimento está congelado. El calor aplicado durante el escaldado ordinario, generalmente ocasiona un ablandamiento de los tejidos, además, el efecto del calor durante el escaldado, permite que exista una filtración de micronutrientes por solubilización, remoción de aire y alteraciones en el color del producto terminado. El aumento en el contenido de los componentes mencionados y compuestos bioactivos después del tratamiento de escaldado a vapor con presión puede ser debido a una desestructuración de la matriz del alimento haciendo que se liberen dichos componentes y estos sean más cuantificables.

Caracterización química de los CFD de bagazo de piña (CFD-BP): evaluación de polifenoles, capacidad antioxidante y carotenoides.

A partir del bagazo fresco y escaldado se obtuvieron cuatro CFDs, dos CFD del bagazo de piña fresco (CFD-BPF) uno secado en charolas (SC) y otro liofilizado (LIOF), y dos del CFD del bagazo de piña escaldado (CFD-BPE) uno SC y otro LIOF. Se realizó la cuantificación de polifenoles extraíbles, capacidad antioxidante y carotenoides de los CFD obtenidos del bagazo de piña esto con la finalidad de seleccionar los mejores CFD con los mejores resultados, esto se muestra en la figura 1 y 2.

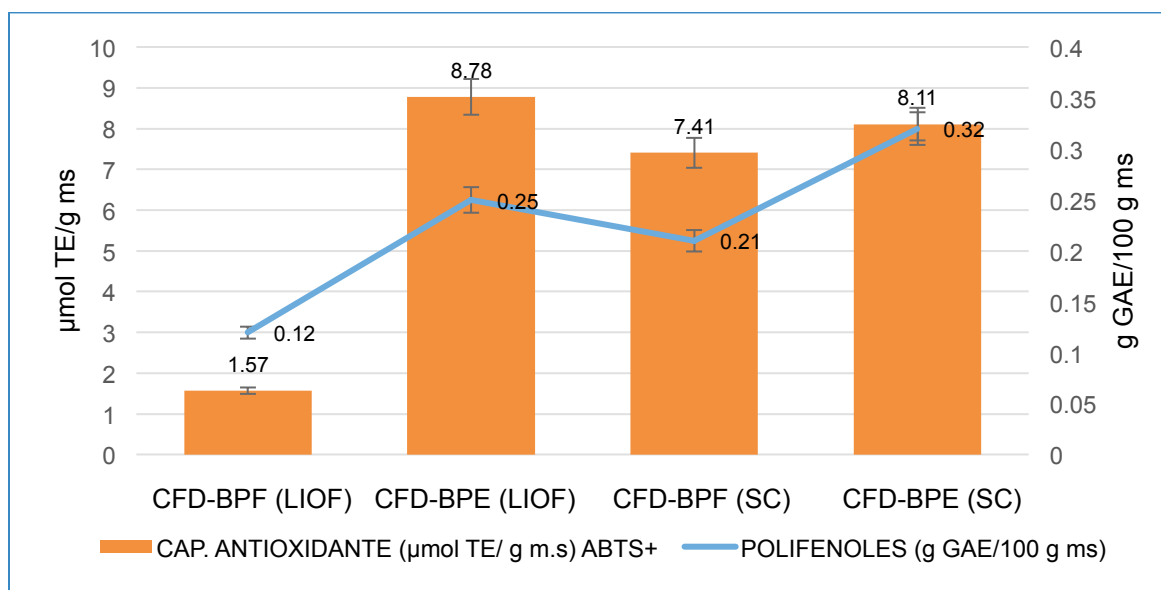
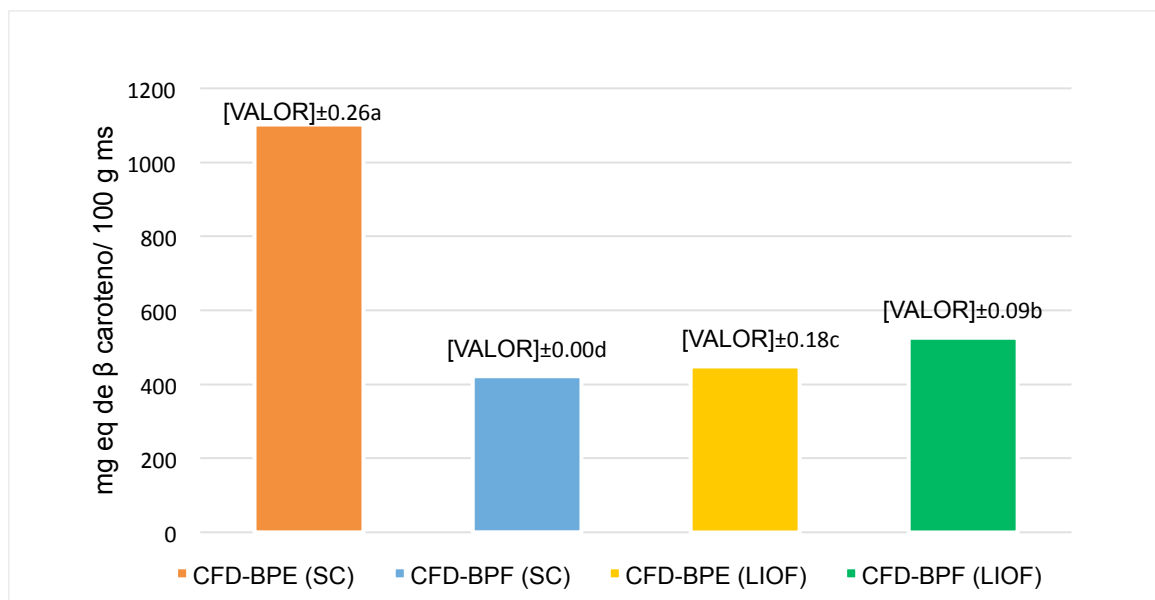


Figura 1. Contenido de polifenoles extraíbles y capacidad antioxidante de los diferentes concentrados de fibra dietaria de bagazo de piña. Los resultados son el promedio \pm desviación estándar de los análisis por

triplicado. Letras diferentes denotan que existen diferencia mínima significativa ($P < 0.05$). g GAE=gramos equivalente de ácido gálico, $\mu\text{mol TE/g ms}$ =micromol equivalente de Trolox por gramo de muestra seca.



En la figura 1 se observa que el CFD que tuvo menor contenido de polifenoles ($p < 0.05$) (0.12 g GAE/100 g ms) y capacidad antioxidante (1.57 $\mu\text{mol TE/g ms}$) fue el CFD secado por liofilización y obtenido bagazo de piña fresco (CFD-BPF-LIOF), mientras que el mayor contenido ($p > 0.05$) de polifenoles lo presentó el CFD de bagazo de piña escaldado secado por charolas (CFD-BPE (SC)). Por otro lado también se puede observar que las muestras que presentaron las mayor ($p > 0.05$) capacidad antioxidante fueron los CFD de bagazo de piña escaldado liofilizado y secado en charolas (CFD-BPE (LIOF) y CFD-BPE (SC)). Los resultados obtenidos del CFD-BPE (LIOF) (polifenoles (0.25 g GAE/100 g ms) y capacidad antioxidante (8.78 $\mu\text{mol TE/g ms}$) fueron mayores cuando se compararon con lo reportado por Martínez *et al.*(2012) donde ellos encontraron que el CFD de piña que se obtuvo lavándolo dos veces con agua caliente (30 °C) en relación 1: 1 (p:v) y luego secándolo a 60 °C durante 12 h en un túnel de aire seco antes de ser molido a un tamaño de partícula de 220–640 μm , presentó un contenido de polifenoles de 0.129 g GAE/100 g de muestra y una capacidad antioxidante de 7.7 $\mu\text{mol TE/g}$ de ms. En la figura 2 se muestra el contenido de carotenoides presentados en los CFD de bagazo de piña

Figura 2. Contenido de carotenos en los concentrados de fibra dietaria. Los resultados son el promedio \pm desviación estándar de los análisis por triplicado. Letras diferentes denotan que existen diferencia mínima significativa ($P < 0.05$). CFD-BPE=concentrados de fibra dietaria de bagazo de piña escaldado, CFD-BPF=concentrado de fibra dietaria de bagazo de piña fresco, SC=secado en charolas, LIOF=liofilizado.

En la figura 2 se observa que el CFD-BPE (SC) presentó el mayor contenido de carotenos (1102.08 mg eq de β -caroteno/100 g ms) lo cual también pudo ser deberse al tratamiento de escaldado aplicado al bagazo de piña previo a la obtención del CF, el cual pudo haber ocasionado liberación de estos compuestos bioactivos de la matriz del producto alimenticio. Aunado al hecho que el escaldado inactiva enzimas deteriorativas como la polifenoloxidasas, peroxidasa, entre otras, que catalizan la destrucción de los compuestos bioactivos en general (Zambrano *et al.*, 2008).

Selección y caracterización de los CFD de bagazo de piña fresco y escaldado

De acuerdo a los datos obtenidos se seleccionaron las muestras que obtuvieron el mayor contenido de polifenoles y capacidad antioxidante y se determinó el contenido de FDT, FDI y FDS, además del color. La composición química y física de los CFD seleccionados se muestra en la tabla 2.

El mayor componente de todos los CFD de bagazo de piña es la humedad y el contenido de proteínas, seguido de cenizas, mientras que todos los CFD muestran el menor contenido de grasas. Mientras que el mayor contenido de FDT, FDS lo presentaron los CFD obtenidos de bagazo de piña escaldado.

De acuerdo a los datos obtenidos el mayor contenido ($p>0.05$) de FDT (91.54%) se encontró en el CFD-BPE secado por charolas y esto fue más alto que el valor reportado de FDT (75.8%), por Martínez *et al.* (2012) en un CFD de residuos de piña. Asimismo, el valor fue mayor que lo reportado en otros CFDs obtenidos de otros subproductos de frutas como bagazo de carambola (84%) (Pantaleón-Velasco, *et al.*, 2014), mango (pulpa y piel) (28.08 g/100 g ms) (Vergara-Valencia *et al.*, 2007) y manzana (residuos de la extracción de jugo) (89.8 g/100 g ms) (Figuerola *et al.*, 2005).

Tabla 2. Caracterización química y física de los CFDs de bagazo de piña seleccionados

PARÁMETROS	MUESTRA		
	CFD-BPE (SC)	CFD-BPF (SC)	CFD-BPE (LIOF)
Composición química proximal			
Humedad (g/100 g)	2.93±0.36 ^c	3.60±0.32 ^b	10.64±0.15 ^a
Cenizas (g/ 100 ms)	1.51±0.01 ^b	0.85±0.08 ^c	2.06±0.28 ^a
Proteínas (g/ 100 g ms)	3.32±0.10 ^b	1.80±0.04 ^c	4.11±0.21 ^a
Grasas (g/100 g ms)	0.70±0.33 ^b	1.79±0.14 ^a	0.20±0.07 ^c
Carbohidratos (g/ 100 g ms)	0.38±0.01 ^c	3.71±0.32 ^a	2.01±0.14 ^b
Fibra dietaria			
Fibra dietaria total (g/100 g ms)	91.54±2.09 ^a	80.98±0.40 ^c	88.33±0.02 ^b
Fibra dietaria insoluble (g/100 g ms)	76.36±0.39 ^a	76.78±1.51 ^a	75.08±0.76 ^a
Fibra dietaria soluble (g/100 g ms)	17.28±1.69 ^a	4.20±1.91 ^c	13.25±0.74 ^b
Color			
L^*	67.77±0.00 ^b	73.09±0.71 ^a	68.48±0.03 ^b
a^*	2.35±0.00 ^b	1.37±0.13 ^c	2.70±0.01 ^a
b^*	15.28±0.01 ^a	14.94±0.31 ^a	14.56±0.04 ^b

Los resultados son el promedio ± desviación estándar de los análisis por triplicado. Letras diferentes en la misma columna denotan que existen diferencia mínima significativa ($P<0.05$). (SC=secado en charolas, LIO=liofilizada, CFD-BPE=concentrado de fibra dietaria de bagazo de piña escaldado, CFD-BPF=concentrado de fibra dietaria de bagazo de piña fresco, L^* =luminosidad, a^* =rojo/verde, b^* =amarillo/azul.

En cuanto a los parámetros de color, el CFD que presentó mayor luminosidad (L^*) el CFD-BPE (LIO) (73.09), mientras que entre el CFD-BPE (SC) y CFD-BPF (SC) no hubo diferencia significativa, en cuanto al parámetro de color b^* , los CFD-BPE (SC) y (LIO) presentaron los valores positivos más altos de las tres muestras, correspondientes al cuadrante de color amarillo, así como del parámetro de color a^* (zona de rojo), lo cual se relaciona con sus elevados contenidos de carotenoides (Figura 2) y polifenoles (Figura 1).

Conclusiones

El bagazo de piña como residuo agroindustrial representa una materia prima potencial para su uso como materia prima para obtener concentrados de fibra dietaria, debido a su alto contenido de FDT con compuestos bioactivos con actividad antioxidante asociados. Las muestras sometidas al escaldado incrementaron sus valores en todas las determinaciones realizadas. Se seleccionó el concentrado de fibra dietaria de bagazo de piña escaldados y secado por charolas (CFD-BPE

(SC)), ya que presentó el mayor contenido de polifenoles totales (0.32 g GAE/100 g ms) con una elevada capacidad antioxidante (8.11 $\mu\text{mol TE/g ms}$), así como de carotenos (1102.08 mg eq β -caroteno/100 g ms), y FDT (91.54%). Por lo que este concentrado podría ser utilizado como ingrediente funcional para enriquecer alimentos.

Bibliografía

1. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1992). Method 991.43. Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fiber in Foods. Enzymatic-gravimetric method, MES-TRIS buffer. Official Methods of Analysis. 15th 3rd suppl. AOAC, Arlington, VA.
2. American Association of Cereal Chemist (AACC) International Methods. (1995). Method 32-07 "Determination of Soluble, Insoluble, and Total Dietary Fiber in Foods and Food Products" (Final Approval 10-16-91). *AACC International Approved Methods of Analysis*; 9th ed. The AACC, Eds.; International Press: St. Paul, MN, USA.
3. Arnnok, P., Rusngviriyachai, C., Mahachai, R., Techawongstien, S., & Chanthai, S. (2010). Optimization and determination of polyphenoloxidase and peroxidase activities in hot pepper (*Capsicum annuum* L.) pericarb. *International Food Research Journal*. 17:385-392.
4. De Escalada Pla, M.F., Uribe, M., Fissore, E.N., Gerschenson, L.N. & Rojas, A.M. (2010). Influence of the isolation procedure on the characteristics of fiber-rich products obtained from quince wastes. *Journal of Food Engineering*, 96, 239–248.
5. Larrauri, G.J.A. (1999). New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. *Trends in Food Science y Technology*, 10, 3–8.
6. Lecumberri, E., Mateos, R., Izquierdo-Pulido, M., Rupérez, P., Goya, L. & Bravo, L. (2007). Dietary fibre composition, antioxidant capacity and physico-chemical properties of a fibre-rich product from cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Food Chemistry*, 104, 948–954.
7. Martínez, R., Torres, P., Meneses, M.A., Figueroa, J.G., Pérez-Álvarez, J.A. & Viuda-Martos, M. (2012). Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food Chemistry*, 135, 1520–1526.
8. Mañas, E., Bravo, L. & Saura-Calixto, F. (1994). Sources of error in dietary fibre analysis. *Food Chemistry*, 50, 331–342.
9. Moo-Huchin V.N, Estrada-Mota I., Estrada-León R., Cuevas-Glory L, Ortiz-Vazquez E., Vargas y Vargas M.L., Betancur-Ancona D. & Sauri-Duch E. (2014). Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food chemistry*, 152, 508-515.
10. Ortega, V.G., Ramirez, J.A., Velázquez, G., Tovar, B., Mata, M., Montalvo, E. (2013). Effect of high hydrostatic pressure on antioxidant content of "Ataulfo" mango during postharvest maturation. *Journal Food Science and Technology*. 33(3):561-568.
11. O'Shea, N., Arendt, E.K. & Gallagher, E. (2012). Dietary fibre and phytochemicals characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16, 1–10.
12. Pantaleón-Velasco, M.R., Ruiz-López I.I, Pérez-Silva A., Bravo-Clemente L., Mateos R, Ruiz-Espinosa H & Vivar-Vera M.A. (2014). Antioxidant and functional properties of a high dietary fibre powder (HDFP) from carambola (*Averrhoa carambola* L.) pomace. *International Journal of Food Science and Technology*. doi:10.1111/ijfs.12519

13. Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical. Biology and Medicine*, 26, 1231–1237.
14. REVISTA PIÑA- Fundación Produce Oaxaca, A.C. Septiembre. (2005). Sistema producto piña.
15. Mabel-Selani M., Canniatti Brazaca S.G., Dos Santos Dias C.T., Ratnayake W., Flores R. & Bianchini A. (2014). Characterisation and potential application of pineapple pomace in an extruded product for fibre enhancement. *Food Chemistry* 163, 23–30.
16. Vergara-Valencia N, Granados-Pérez E., Agama-Acevedo E., Tovar J., Ruales J. & Bello-Pérez L.A.. (2007). Fibre concentrate from mango fruit: Characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient. *LWT* 40, 722–729
17. Zambrano J., Valera A., Maffei M., Materano W. y Quintero I. (2008). Efecto del escaldado y la adición de preservativos sobre la calidad de la pulpa de mango tipo “bocado” almacenada bajo refrigeración. *Agronomía Trop.* 58(3): 257-265.
18. Zhu F., Du B., Zheng L. & Li J. (2015). Advance on the bioactivity and potential applications of dietary fibre from grape pomace. *Food Chemistry* 186, 207–212.

COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLA DE ZAPOTE MAMEY (*Pouteria sapota*)

B. Hernández-Santos, A. Pérez-Sánchez, R. Carmona-García, E. Herman-Lara, C. E. Martínez-Sánchez*

Departamento de Ingeniería y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Tuxtepec. Calzada Dr. Víctor Bravo Ahuja. S/n. Tuxtepec, Oaxaca, C.P. 68350. México. *organica_tux@yahoo.com.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos métodos de extracción de aceite de semilla de zapote mamey sobre el rendimiento. Se determinó el análisis químico proximal de la torta completa (TC) y de las tortas desengrasadas (TD), obtenidas por dos métodos: solvente (Ext. Solv) y por una combinación del método por prensado y baño ultrasónico (M. Combinado) con un pretratamiento enzimático. Los resultados mostraron que el rendimiento de extracción de aceite fue de 77.53% en Ext. Solv y 98.19% en M. Combinado. El componente mayoritario en TC fue la grasa (54.30%), en las TDs fueron los carbohidratos y las proteínas. En el análisis de color se observó que la luminosidad de la harina obtenida por la Ext. Solv fue mayor ($L^* = 66$). Por lo tanto el M. Combinado es una alternativa para la obtención de TDs altamente potenciales para la obtención de aislados y concentrados proteínicos.

Palabras clave: Zapote mamey, extracción asistida por ultrasonido, aceite de semilla de zapote mamey, extracción por métodos combinados

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of two extracting methods of mamey sapote seed oil on the yield obtained. Proximate analysis of the complete cake (CC) and degreased cakes (DC) obtained was determined by two methods: Solvent (Ext. Solv) and a combination of pressing and ultrasonic bath method (M. Combined) with an enzymatic pretreatment. The results showed that the oil extraction yield was 77.53% with Ext. Solv and 98.19% using M. Combined. The major component in CC was fat (54.30%) in the CCs were carbohydrates and proteins. In the color analysis it was observed that the brightness of the flour obtained by the ext. Solv was higher ($L^* = 66$). Therefore M. Combined is an alternative for obtaining highly CCs potential for obtaining protein isolates and concentrates.

Introducción

En los últimos años, se han descrito diversas investigaciones referente a la extracción de aceites vegetales asistida por enzimas, ya que degrada la pared celular de la semilla [Domínguez, 1995], debido a que los aceites se encuentran en vacuolas intracelulares y también enlazados a proteínas y a una amplia variedad de carbohidratos (celulosa, hemicelulosa, pectina, almidón, etc.), con el fin de incrementar la permeabilidad del aceite [Olsen, 1988]. Los pretratamientos convencionales incluyen descascarado, reducción de tamaño, laminado y tratamiento térmico/hidrotérmico, cocido o tratamiento con vapor [Shankar et al., 1997], que tienen como objetivo mejorar la transferencia de masa. También puede obtenerse una mejora en el rendimiento y la velocidad de extracción destruyendo las paredes celulares por acción enzimática [Smith et al., 1993; Domínguez et al., 1995 y 1996].

La gran mayoría de los aceites vegetales, son extraídos usando solventes debido al eficiente rendimiento en comparación con la extracción mecánica, además del bajo costo de operación. Alrededor del mundo el solvente de mayor uso en la extracción de aceites de semillas, es el hexano, en un intervalo de temperatura de 65 a 69 °C para una extracción eficiente. Sin embargo, El tipo de solvente y el método de extracción dependen de la naturaleza química de las muestras y el tipo de extracto lipídico deseado. La característica más importante de un solvente ideal para la extracción de lípidos es la gran solubilidad de lípidos. El control de la temperatura es un factor muy importante durante el proceso de extracción, ya que conforme la temperatura aumenta, la extracción también es mayor, por lo que es necesario mantener la temperatura adecuada, para no producir una presión excesiva al interior del extractor [Shahidi, 2005a]

Existen diversos métodos para la extracción de aceites, de los cuales destacan los métodos físicos, estos métodos incluyen aquellos que utilizan fuerzas de compresión externa para liberar tejidos y extraer lípidos, especialmente de un material seco. Generalmente se han utilizado semillas (presentan humedad <5%, aceite >30%) para la aplicación de estos métodos y así obtener lípidos sin usar solventes [Shahidi, 2005b]. Recientemente, se han desarrollado técnicas emergentes como son el empleo de baño ultrasónico, que están siendo investigadas y aplicadas en la extracción de aceite, debido a que mejora la penetración de disolvente en el tejido capilar de la planta, lo cual crea un acceso más fácil del disolvente a la célula de la planta [Povey & Mason, 1998].

El zapote mamey crece en regiones con clima tropical de México, Centroamérica, incluyendo Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Las Antillas, Sudamérica, Cuba y Florida [Campbell *et al.*, 1997]. El fruto se consume principalmente en forma fresca, pero también se utiliza para obtener productos transformados, tales como helados y se comercializa también como pulpa congelada [Balerdi *et al.*, 1996; Gazel-Filho *et al.*, 1999].

La semilla tiene una superficie dura de color café oscuro, brillante y alargada, pero en el lado ventral posee una zona más estrecha (hilo) de color café claro. La almendra contenida en ella es grasosa amarga y con un aroma característico a almendras. [Carols, *et al.*, 2009]. En algunos pueblos de México las almendras de las semillas se mezclan con el cacao para ser utilizado en la elaboración del chocolate. También han sido utilizadas como esencia en la elaboración de perfumes, el aceite ha sido utilizado en la elaboración de jabones ungüentos y acondicionador para el cabello y piel. Reportes en el área de medicina le aportan a la semilla de zapote mamey efectos positivos y benéficos en el tratamiento de problemas crónicos y renales [Pantin, 1991].

En este trabajo se propone una alternativa al proceso típico de extracción de aceite, mediante el uso de un baño de ultrasonido al combinarlo con un pretratamiento enzimático. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos métodos de extracción de aceite sobre el rendimiento de extracción de aceite, el análisis químico proximal y los parámetros de color de las harinas desengrasadas de semilla de zapote mamey (*Pouteria sapota*).

Metodología

Materiales

Se utilizaron frutos de zapote mamey los cuales fueron adquiridos en el Municipio de Santa María Jacatepec, Oaxaca; pertenecientes a la cosecha 2013. Todos los reactivos analíticos y los solventes utilizados fueron de grado reactivo marca Sigma Chemical y/o Química Meyer. Se utilizó la enzima pectinasa de origen fúngico de *Aspergillus acuelatus* (5000 PGNU/mL) de la marca Sigma-Aldrich.

Acondicionamiento de la semilla de zapote mamey

Los frutos del zapote mamey fueron lavados y secados, posteriormente se cortaron a la mitad para extraer las semillas. Las semillas fueron limpiadas y después se les eliminó la cáscara para obtener la almendra, la cual fue cortada en rodajas de 1 mm de espesor para ser secadas en un horno de convección a 65 °C durante 8 h. posteriormente las rodajas secas fueron almacenadas en bolsas de polietileno a temperatura de refrigeración hasta su uso.

Extracción del aceite por solvente

Las almendras secas fueron molidas y tamizadas con una malla de 0.425 mm. La extracción de aceite se realizó de acuerdo a la metodología descrita por Rodríguez *et al.*, 2014. El aceite se extrajo con hexano en una relación 1:20 (p/v) a una temperatura de 60 °C durante 10 min. La mezcla se dejó enfriar a 25 °C y

seguidamente se filtró al vacío; después se retiró el hexano utilizando un rotavapor para poder recuperar de esta manera el aceite.

Extracción del aceite por método combinado (prensado-baño ultrasónico) con pretratamiento enzimático.

Pretratamiento enzimático

El pretratamiento se realizó de acuerdo a la metodología descrita por Ochoa-Cruz, [2012]. Primero se realizó el acondicionamiento de las semillas, la cual consistió en colocar las semillas en charolas de aluminio, con todo y la testa que recubre a la almendra, y fueron colocadas en una estufa a una temperatura de 85 °C durante 16 h, para así ajustar el contenido de humedad al 10%. Posteriormente se les retiró la testa y se procedió a su molienda. El pretratamiento enzimático consistió en la adición de una mezcla de agua-enzima (5000 PGNU/mL, de acuerdo a datos del proveedor) a una relación de 1:1 (v/v), con un volumen de solución de 4 mL por cada 100 g de almendras molidas, dicho pretratamiento se realizó en bolsas de polietileno selladas al vacío. La hidrólisis enzimática se llevó a cabo dejando en reposo a una temperatura de 45 °C durante 10 h.

Después de la hidrólisis enzimática, la semilla molida se envolvió en una malla de tela y se colocó en el cilindro de extracción para posteriormente realizarle el prensado. El aceite se recibió en un vaso de precipitados y se almacenó en refrigeración, la torta desengrasada obtenida se diluyó en hexano en una relación 1:20 (p/v), posteriormente se colocó en un baño ultrasónico a una frecuencia de 80 KHz, a una temperatura de 40 °C durante 10 min. La mezcla se dejó enfriar a 25 °C y después se filtró al vacío. Se retiró el hexano mediante el uso de un rotavapor para la recuperación del aceite. Las tortas desengrasadas obtenidas por los dos métodos se acondicionaron a 40 °C por 1 h y posteriormente se tamizó con una malla de 0.425 mm y se guardó en bolsas selladas al vacío hasta su posterior utilización.

Análisis químico proximal (AQP).

El AQP de la almendra (torta completa) y de las tortas desengrasadas de la semilla de zapote mamey de los diferentes métodos de extracción de aceite se determinó siguiendo la metodología de la AOAC, (1997). Humedad (925.09), Cenizas (923.03), Grasa (920.39), Proteínas (MicroKjeldahl), Fibra cruda (925.08) y Carbohidratos se obtuvo por diferencia.

Análisis de color

Se determinó el color en la harina (torta completa) y en las harinas desengrasadas obtenidas por solvente y por prensado/baño ultrasónico con pretratamiento enzimático. Se utilizó un colorímetro UltraScan Vis (Hunter Lab) y se determinaron los parámetros L*, h° y C*

Resultados y discusión

Rendimiento de extracción de aceite

El rendimiento de la extracción de aceite de los dos tratamientos empleados se muestra en la Tabla 1. Se observa que existe una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$), entre los tratamientos, resultando ser más eficiente la extracción con el método combinado prensado/baño ultrasónico con pretratamiento enzimático (M. Combinado) que en la Extracción por solvente (Ext. Solv) Se observó que el rendimiento de extracción de la Ext. Solv, fue menor a lo reportado por Sánchez-Ortega [2008], quien obtuvo 83.58%, lo cual puede deberse al contenido de humedad de la semilla, así como a la disponibilidad de los lípidos contenidos en la célula vegetal. Mientras que en el M. Combinado, se observó que el empleo simultáneo de ambos métodos mejoró el rendimiento de aceite ya que se obtuvo un 98.19%, lo cual es mayor a lo reportado en otros trabajos donde sólo se empleó el pretratamiento enzimático con prensado; Soto *et al.*, 2004, realizaron la extracción de aceite a partir de la semilla de borraja obteniendo un rendimiento de 86%. Guerra y Zuñiga, [2003], en la obtención de aceite de pipa de uva, reportaron un rendimiento de 57%. Se puede atribuir que el hecho de haber realizado la extracción de aceite asistido por ultrasonido permitió que la transferencia de masa fuera mayor debido a que la hidrólisis enzimática mejoró la penetración del solvente a las paredes celulares a fin de incrementar la permeabilidad del aceite.

Tabla 1. Rendimiento de extracción de aceite por los dos diferentes métodos.

Tratamiento	Rendimiento (%)
Trat. Solv	77.53 ± 0.40 ^a
Prensado-BU	98.19 ± 0.046 ^d

Promedio ± desviación estándar (n=3). Letras diferentes entre filas indican diferencia significativa ($P < 0.05$). BU = Baño Ultrasónico.

Composición química proximal de la torta completa y las tortas desengrasadas

En la Tabla 6 se muestran los resultados obtenidos de la composición química proximal realizado a la torta completa (TC) de la semilla de zapote mamey y a las harinas desengrasadas. Se observó que el componente mayoritario en TC fue la materia grasa con 54.20 g/100 g de muestra, este contenido fue similar a lo reportado por Sánchez-Ortega [2008], quien obtuvo 55.93 g/100 g de muestra, sin embargo Solís [2004], reportó un contenido de 46.0 g/100 g de muestra, menor a lo obtenido en este trabajo, esto puede ser debido a varios factores, como por ejemplo: época del cultivo, variedad del fruto, lugar de cosecha, año de cosecha, entre otros; cabe mencionar que los frutos analizados por Solís [2004], son procedentes de Guatemala y los analizados en este trabajo y por Sánchez-Ortega [2008], de México. También se observó que el contenido de proteína de la TC presente en este trabajo fue mayor a lo reportado por Soto [2004] y Sánchez-Ortega [2008]. Con respecto al contenido de carbohidratos que fue de 6.50, se observa que es inferior comparado con lo reportado por Solís [2004] y Sánchez-Ortega [2008], lo cual puede deberse a la variedad, tipo de suelo y condiciones climatológicas donde se desarrolla la planta [Freeman y Whorthington, 1989].

Tabla 2. Composición química proximal de la semilla y harina desengrasada de zapote mamey comparado con otras referencias (base seca).

COMPONENTE (g/100 g de muestra)	TC	TD Ext. Solv.	TD M. Combinado	Sánchez-Ortega, 2008	Solís, 2004
Grasas	54.20 ± 1.09 ^c	12.20 ± 0.22 ^b	0.98 ± 0.03 ^a	55.93 ± 0.01	46.00
Proteínas ¹	27.20 ± 0.40 ^a	28.50 ± 0.19 ^b	29.70 ± 0.48 ^c	10.49 ± 0.02	16.19
Cenizas	7.10 ± 0.34 ^a	7.40 ± 0.09 ^{ab}	7.60 ± 0.07 ^b	5.56 ± 0.04	13.22
Fibra cruda	5.00 ± 0.19 ^a	8.20 ± 0.10 ^b	10.00 ± 0.40 ^c	2.74 ± 0.02	4.16
Carbohidratos ²	6.50 ± 0.34 ^a	43.70 ± 0.59 ^b	51.71 ± 0.66 ^c	25.28 ± 0.02	20.43

Promedio ± desviación estándar (n=3).

¹N x 6.25

²Se determinó por diferencia.

TD = Tortas desengrasadas

Se observa que las tortas desengrasadas presentaron un menor contenido de grasa, esto debido al proceso de extracción de aceite, siendo la torta desengrasada por el M. Combinado la que obtuvo un menor contenido de grasa (0.98 ± 0.03), lo cual indica que al eliminar el contenido de grasa los demás componentes (proteína, cenizas, fibra cruda, carbohidratos) se concentraron, siendo ahora los carbohidratos en ambas tortas desengrasadas el componente mayoritario, seguido de las proteínas. Con respecto a las cenizas no se observó diferencia estadísticamente significativa entre TC con la torta desengrasada por la Ext. Solv. ($P < 0.05$), (7.10 ± 0.34 y 7.40 ± 0.09 respectivamente), sin embargo con la torta desengrasada por M. Combinado si hubo diferencias estadísticamente significativas (7.60 ± 0.07).

La fibra cruda si presentó diferencias estadísticas significativas entre la TC con las tortas desengrasadas de ambos tratamientos ($P < 0.05$), presentando una mayor concentración en el M. Combinado (10.00 ± 0.40), esto pudiera deberse a la hidrólisis enzimática que permite la degradación de la pared celular, debido a que la fibra es uno de los componentes estructurales de las paredes vegetales, entre los que destacan la celulosa,

hemicelulosa, pectinas y la lignina; por lo que la degradación de las paredes vegetales logra la extracción de estos mismos [Mongeau. y Brassard 1982).

Análisis de color

La aplicación de los tratamientos de extracción de aceite cambió el color que presentaba la TC. Los resultados del color de los tres tratamientos empleados se presentan en la Tabla 3. Los valores obtenidos de luminosidad (L^*) muestran que es más oscura la TC en comparación con las tortas de la Ext Solv. y M. Combinado, esto es debido a que el solvente (hexano) empleado en la extracción de aceite está arrastrando los pigmentos presentes en la harina.

Por otro lado, los valores encontrados con respecto a la tonalidad (h°) que presentaron las muestras, revelaron que hubo diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), siendo la TC la que presentó una tonalidad de color café oscuro con un valor de $h^\circ = 47.32$ y las otras presentaron un color café, el mismo comportamiento se vio reflejado en el parámetro croma (C^* = saturación del color), donde se observó una mayor saturación del color en la TC con un valor de $C^* = 22.30$, en comparación con las demás tortas. Estos cambios de color se deben a distintos compuestos, principalmente orgánicos, algunos que se producen durante su manejo y procesamiento; cuando se someten a tratamientos térmicos y enzimáticos desarrollan tonalidades que van desde un ligero amarillo hasta un intenso café [Badui, 2006].

Tabla 3. Resultados del análisis de color de las tortas desengrasadas de la semilla de zapote mamey.

Parámetro	TC	Torta desengrasada (TD)	
		Ext. Solv.	M. Combinado
L^*	47.32 ± 0.91^d	66.07 ± 0.50^d	59.16 ± 0.56^c
h°	57.92 ± 0.90^d	66.82 ± 0.19^d	64.02 ± 0.49^c
C^*	22.30 ± 1.44^c	25.96 ± 0.44^a	23.02 ± 0.66^a

Promedio \pm desviación estándar ($n=3$). Letras diferentes entre filas indican diferencia significativa ($p < 0.05$). L^* = Luminosidad, h° = Tono y C^* = Croma

Conclusiones

El realizar una extracción de aceite combinando el prensado con la extracción asistida por baño ultrasónico aunado a un pretratamiento enzimático mejoró el rendimiento de extracción de aceite. La torta completa y las tortas desengrasadas de ambos tratamientos presentaron una concentración considerable de proteínas lo cual las hace altamente potenciales para la obtención de aislados y concentrados proteínicos. Asimismo, los resultados prueban que la extracción de aceite con el método combinado produce un menor arrastre de pigmentos.

Referencias

1. Badui, D. S. (2006). Química de los alimentos, 4ta. Ed. Editorial Pearson. D. F., México, pp. 417-429.
2. Balerdi, C. F.; Crane, J. H. and Campbell, C. W. (1996). The mamey sapote. Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Doc. FC-30.

3. Campbell, R. J.; Zill, G. and Mahdeem, H. (1997). New mamey sapote cultivars from tropical america. Proc. Interamer. Soc. *Tropical Hort.* **(41)** 219-222.
4. Dominguez, H.; Nuñez, M. J. and Lema, J. M. (1995). Enzyme-assisted hexane extraction of soya-bean oil. *Fd. Chem.* **(54)** 223-231.
5. Dominguez, H.; Sineiro, J.; Núñez, M. J. and Lema J. M. (1996). Enzymatic treatment of sunflower kernels oil extraction. *Fd. Chem.* **(28)** 537-545.
6. Freeman, C. E. and Whorthington R. (1989). Is there a different in the sugar composition of cultivated sweet fruits of tropical/subtropical and temperate origins. *Biotrop.* **(21)** 219-222.
7. Gazel-Filho, A. B.; Morera, J.; Ferreira, P.; León, J. and Pérez, J. (1999). Diversidad genética de la colección de zapote (*Pouteria sapota* (Jacquin) H.E. Moore & Stearn) del CATIE. Plant Genet. Resour. Newslett. **(117)** 37-42.
8. Guerra, E. G. y Zúñiga, M. E. (2003). Tratamiento enzimático en la extracción de aceite de pipa de uva (*Vitis vinífera*) por prensado en frío. *Grasas y Aceites.* **(54)** 53-57.
9. Mongeau, R. and Brassard, R. (1982). Determination of neutral detergent fiber in breakfast cereals: pentose, hemicelulose, cellulose and lignin content. *J. Food Sci.* **(47)** 550.
10. Ochoa-Cruz, C. (2012). Optimización del método de extracción de aceite por prensado de la semilla de zapote mamey (*Pouteria sapota*). Tesis de Licenciatura. Instituto tecnológico de Tuxtepec
11. Official Method of Analysis (AOAC) (1997). Association of official Analytical Chemist.
12. Olsen, H. S. (1988). Aqueous enzymatic extraction of oil from seeds. Asean Food Conference 88, Thailand.
13. Pantin, D. (1991). Mamey feature. Pantin's mamey conservations with Donald Pantin, mamey grower. *Trop. Fruit World*, **(2)** 2-1.
14. Sánchez-Ortega, E. (2008). Caracterización físico-química y estudio de las propiedades de aceite de semilla de zapote mamey (*Pouteria sapota*). Tesis de Maestría. Instituto tecnológico de Tuxtepec.
15. Shahidi, F. (2005a). Edible Oil and Fat Products: Processing Technologies. En: A Primer on Oils Processing Technology. Editorial Anderson. Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Sixth Edition. **(5)** 1-56.
16. Shahidi, F. (2005b). Edible Oil and Fat Products: Processing Technologies. En: Oil Extracction, (Kemper, T. G.). Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Sixth Edition. **(5)** 57-98.
17. Shankar, D.; Agrawal, Y. C.; Sarkar, B. C. and Singh, B. P. N. (1997). Enzymatic hydrolysis in conjunction with conventional pretreatment to soybean for enhanced oil availability and recovery. *J. of the American Oil Chem. Soc.* **(74)** 1543-1547.
18. Smith, D. D.; Agrawal, Y. C.; Sarkar, B. C. and Singh, B. P. N. (1993). Enzymatic hydrolysis pretreatment for mechanical expelling of soybeans. *J. of the American Oil Chem. Soc.* **(70)** 885-890.
19. Solís, C. R. A. (2004). Caracterización fisicoquímica de la grasa del zapote mamey (*pouteria sapota*) y el contenido de ácidos grasos. Tesis Licenciatura química, Guatemala. Universidad de San Carlos, Facultad de Ciencias químicas y farmacia. pp. 43.
20. Soto, C.; Concha, J. and Zúñiga, M. E. (2008). Antioxidant content of oil and defatted meal obtained from borage seeds by an enzymatic-aided cold pressing process. *Proc. Biochemistry.* **(43)** 696-699.

Cuantificación de microorganismos durante el proceso en queso “tenate” a partir de leche no pasteurizada

M.A. Meza Nieto, S. Soto Simental, M. J. Franco Fernández, I.Y. Romero Muñoz, J. Piloni Martini*

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Rancho Universitario Av. Universidad Km 1 Ex. Hda. de Aquetzalpa Tulancingo, Hgo. México CP 43600

*chipiloni@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería química

Resumen

Los quesos artesanales, tienen importancia en las industrias queseras de México y del Valle de Tulancingo, por su alta producción y consumo. Sin embargo, es de interés conocer los microorganismos presentes durante el proceso de elaboración, a través de épocas del año, ya que el número de unidades formadoras de colonias son variables. Se realizó un muestreo a leche cruda, leche calentada a 39°C, cuajada y al queso “tenate” luego del prensado durante el proceso de elaboración en tres épocas distintas. Una mayor presencia de microorganismos se encontró en la cuajada durante el proceso de elaboración del queso “tenate” a través del año, principalmente en el verano. En la época de invierno, se encontraron las mayores concentraciones de bacterias con relación a los medios de cultivos. Existió una interacción entre época del año, medio de cultivo y etapa de proceso, invierno es la época donde existe más variación de microorganismos.

Palabras clave. Queso tenate, Conteo microorganismos

Abstract

Artisan cheeses are important in cheese industries of Mexico and Valle de Tulancingo, because to high production and consumption. However, it is of interest to know the microorganisms present during the process, through seasons of the year, considering that number of colony forming units are variable through the year. Sampling was obtained from raw milk, heated to 39°C, curd and "tenate" cheese during three different seasons of the year. A greater presence of microorganisms found in the curd during cheese making "tenate" throughout the year, especially in the summer. In the winter time, the highest concentrations of bacteria were found in relation to the culture medium. There was an interaction between season, culture medium and process step, winter is the time when there is more variation of microorganisms.

Introducción

En México la elaboración de quesos artesanales elaborados con leche no pasteurizada es una práctica realizada por productores en pequeñas industrias lecheras, donde se producen una gran variedad de quesos frescos y madurados [Escoto y Col., 2008]. Sin embargo, el alto riesgo sanitario está latente por la presencia de microorganismos bacterias, hongos, levaduras que durante su metabolismo produce compuestos que proporcionan sabor y aroma [Scott, 1991]. La presencia de microorganismos en los diferentes quesos artesanales es diferente en cada uno de ellos y su presencia dependerá de diversos factores entre ellos destaca el destino de la leche, tratamiento térmico, carga bacteriana inicial y proceso entre otros. Dentro de los quesos frescos artesanales de importancia, los elaborados en la cuenca lechera del Valle de Tulancingo, Hidalgo México destaca el queso “tenate”, el cual se produce en una región específica conocida como “La Peñuela” [Soto, 2009]. El origen de elaboración de este queso se remota desde los años de 1945, y el nombre se le dio al prensado de la cuajada en un recipiente elabora a partir de palma en forma de sesto o tenate Las poblaciones microbianas son más complejas en los quesos elaborados con

leche cruda, que en los de leche pasteurizada, lo que hace que sus características, microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales sean diferentes [Caro y Col., 2000]. La presencia de microorganismos en el queso va a depender de la contaminación microbiana inicial de la leche, del uso de cultivos iniciadores de las condiciones extrínsecas del proceso, conservación y de la contaminación durante el proceso [Palacios 2006]. Durante el proceso de elaboración del queso la presencia, número y tipos de microorganismos son variables y depende de parámetros fisicoquímicos como el contenido de sal, actividad de agua, pH, presencia de ácidos orgánicos, temperatura de conservación, adición de nitratos y potencial redox [Befersford y Col., 2001]. La identificación y cuantificación de los microorganismos en el queso es de suma importancia, desde el punto de vista sanitario o de salud pública, benéfico y de calidad sensorial.

Con base en lo anterior expuesto, el objetivo del presente estudio fue cuantificar el número de microorganismos presentes durante el proceso de elaboración del queso "Tenate" a través de varias épocas distintas.

Materiales y métodos

Reactivos

Todos los reactivos fueron grado analítico: peptona de caseína, extracto de levadura, y Agar bacteriológico (BIOXON, México), K_2HPO_4 , NaCl, Tween 80, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $MnCl_2 \cdot 4H_2O$, (J.T.Baker, USA), Citrato de sodio (SIGMA, México), Glucosa (HYCEL, México) y los medios de cultivo: APT, Agar de Sal y Manitol, Agar Estafilococos No. 110, agar Mack Conkey, Caldo Nutritivo y Agar Sabouraud (Bioxon, México).

Muestreo

Las muestras de leche cruda y leche a 39°C, fueron colectadas en viales (25 mL) previamente esterilizados, mientras que para la cuajada y queso "tenate" se utilizaron matraces Erlenmeyer (50 mL esterilizados). Las muestras fueron transportadas en hieleras (4°C) desde el rancho localizado en "la Peñuela" del municipio de Acatlán del Estado de Hidalgo México. Ubicada a los 20° 15' 51" de Latitud Norte y 98° 26 '36", de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, a una altura de 2,160 msnm, con un clima templado con verano cálido y una precipitación pluvial media anual de 640 mm hasta el laboratorio [García, 1988]. Se realizaron tres muestreos en el periodo de primavera, verano y otoño.

Preparación de medios

Preparación de APT bajo la metodología [Evans y Niven, 1951], para la preparación 111 g/L Agar de Sal y Manitol, 65 g/L de agar Sabouraud, 50 g/L de agar Mack Conkey, 149 Agar Estafilococos No. 110 los cuales fueron disueltos en un litro de agua destilada en matraces Erlenmeyer (2 L), Los medios fueron esterilizados a 121°C/15 min. Posteriormente los medio de cultivo fueron vertidos en cajas petri (90X15 mm), después de gelificar se mantuvieron a 39°C por 24 horas para detectar posible contaminación finalmente las placas fueron colocadas a temperatura de refrigeración hasta su utilización. Se preparó 500 mL caldo nutritivo (8 g/L) y se distribuyó en matraces Erlenmeyer (250 mL) con 50 mL del caldo nutritivo previamente esterilizados.

Preparación e inoculación de muestras y conteo de UFC

Los matraces con caldo nutritivo fueron inoculados con 1 mL de leche no pasteurizada, 1 mL de leche a 39 °C, y 1 g de cuajada y 1 g de queso, posteriormente se incubaron a 39°C por 48 horas (Thermo Electron Corporation). Se realizaron diluciones seriadas (-1, -2, -3, -4, -5, -6 y -7) en base 10, se tomaron 500 µL y se colocaron en las placas petri previamente preparadas con los diferentes medios de cultivo, la inoculación fue realizada por la técnica de barrido en placa y se incubaron a 39°C por 72 h. Finalmente se realizó el conteo de UFC/mL a las 24, 48 y 72 horas.

Aislamiento y conservación de Bacterias Acido Lácticas (BAL)

Las colonias presentes en el medio APT fueron seleccionadas en base a tamaño de colonia, coloración, tipo de bordes, superficie aspecto, opacidad. Las colonias seleccionadas fueron purificadas en el mismo medio de cultivadas y finalmente fueron conservadas en glicerol al 30% a -80°C hasta su uso.

Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico de los resultados se realizó utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS, 2002) utilizando la opción LSMEANS para detectar diferencias entre los tratamientos.

Resultados y discusión

Las buenas prácticas de fabricación y de higiene en la recolección de la leche influyen directamente sobre la composición de la flora microbiana de la leche obtenida, lo que hace que difieran los diferentes grupos microbianos [Michel y Col., 2001]. La cuantificación de bacterias de diversas etapas del proceso de fabricación del queso tenate en tres diferentes épocas del año se puede apreciar en la Tabla 1. De acuerdo a estos resultados, solo se encontró diferencias ($P < 0.05$) en la cantidad de microorganismos presentes en la cuajada a través del año, donde se puede observar que la mayor proporción es en verano, en las demás etapas de procesado no se encontraron diferencias debido a la época del año. Se sabe que la temperatura ambiental tiene un efecto sobre el crecimiento microbiano a temperaturas más altas existe un mayor crecimiento de ciertos grupos microbianos [Moatsou y Moschopoulou, 2012]. Sánchez-Gamboa y Col., [2014] analizaron diferentes microorganismos en leche, queso y procesado del queso en diferentes épocas del año de tres fábricas de queso Chihuahua, donde encontraron diferencias entre los microorganismos analizados en la fábrica A, mientras que en la fábrica C no se encontraron diferencias en coliformes, mesófilos aerobios ni en lactobacillus. Lariche y Fallole [2012] encontraron que no existen diferencias entre la época del año en los conteos bacterianos de *Pseudomonas*, *Coliformes* y *Staphylococcus* y catalasa positiva en leche utilizada para fabricar queso.

Tabla 1. Efecto de la época del año y la etapa de procesos de la fabricación de queso “tenate” sobre la cantidad de microorganismos en diversos medios de cultivo.

Etapa de proceso	Época del año	Promedio \pm EE (Log UFC/g o mL)
Leche	Verano	nd
	Otoño	5.901 \pm 0.174
	Invierno	5.648 \pm 0.182
Leche a 39 °C	Verano	6.425 \pm 0.184
	Otoño	nd
	Invierno	6.003 \pm 0.204
Cuajada	Verano	6.471 \pm 0.169a
	Otoño	5.902 \pm 0.174b
	Invierno	nd
Queso	Verano	6.543 \pm 0.179

Otoño	6.186 ± 0.179
Invierno	6.458 ± 0.204

^{ab} Literales diferentes indican diferencias significativas dentro de la etapa de procesado a través de las épocas del año. nd (no determinado)

La presencia de bacterias principalmente patógenas en la leche no pasteurizada es influenciada por factores medioambientales tales como el alimento y los utensilios que se utilizan para el ordeño [Hill y Col., 2012]. Kousta y Col., [2010] indican que la principal fuente de contaminación por *Staphylococcus aureus* en leche y queso son los manipuladores del alimento. Sin embargo, también tienen una alta prevalencia de *Salmonella*, *E. coli* y *Listeria monocytogenes*. La cuantificación de microorganismos en diferentes medios de cultivo por etapa de proceso en la fabricación de queso “tenate” debido a la época del año de muestreo se pueden ver en la Tabla 2. Los medios de cultivo se utilizan con la finalidad de definir los microorganismos que crecerán en ese medio en forma particular. En este trabajo se utilizaron cinco medios para monitorear las bacterias que crecen durante las diversas etapas del proceso de fabricación del queso tenate en tres épocas del año. Cabe señalar que en verano los diversos grupos microbianos son similares ($P > 0.05$) entre las etapas de proceso del queso tenate, excepto para los medios Sabouraud y *Staphylococcus*, donde se encontraron mayores ($P < 0.05$) concentraciones en leche y leche calentada a 39°C, y en queso, respectivamente. Lo mismo ocurre en otoño, excepto para el medio Sabouraud, donde se encontraron mayores concentraciones ($P < 0.05$) en queso. Con relación a invierno, fue en la época donde más diferencias existieron entre las etapas de proceso de acuerdo al medio de cultivo utilizado, ya que se encontraron las mayores ($P < 0.05$) concentraciones de bacterias en todos los medios empleados excepto en el medio sal y manitol. Estos resultados de la época invernal se podrían deber a las fluctuaciones de temperatura que se dan durante el día en el municipio de Acatlán, Hidalgo; de donde se obtuvieron las muestras que se analizaron en este estudio. De acuerdo a Kousta y Col., [2010] la prevalencia de *Staphylococcus* en quesos es baja, pero puede fluctuar entre 3 y 17%.

Tabla 2. Efecto de la época del año, etapa del proceso y medio de cultivo utilizado en la cuantificación de microorganismos en queso “tenate”.

Época del año	Medio de cultivo	Etapas de proceso	Promedio ± EE
Verano	APT	Cuajada	6.506 ± 0.298
		Leche	6.347 ± 0.298
		Leche a 39 °C	6.341 ± 0.298
		Queso	6.926 ± 0.298
	Mack Conkey	Cuajada	6.671 ± 0.365
		Leche	6.301 ± 0.517
		Leche a 39 °C	6.000 ± 0.517
		Queso	6.592 ± 0.298
	Sabouraud	Cuajada	5.500 ± 0.365 ^b
		Leche	5.577 ± 0.298 ^b

		Leche a 39 °C	5.920 ± 0.298 ^b
		Queso	6.895 ± 0.298 ^a
	Sal y manitol	Cuajada	6.698 ± 0.517
		Leche a 39 °C	6.301 ± 0.517
		Queso	6.301 ± 0.517
	Estafilococos 110	Cuajada	6.981 ± 0.298 ^a
		Leche	7.928 ± 0.365 ^b
		Leche a 39 °C	7.565 ± 0.365 ^b
		Queso	6.000 ± 0.517 ^a
Otoño	APT	Cuajada	6.403 ± 0.298
		Leche	6.241 ± 0.298
		Leche a 39 °C	6.229 ± 0.298
		Queso	6.528 ± 0.365
	Mack Conkey	Cuajada	6.477 ± 0.517
		Leche	6.698 ± 0.517
		Queso	6.301 ± 0.517
	Sabouraud	Cuajada	5.222 ± 0.365 ^b
		Leche	5.399 ± 0.365 ^b
		Leche a 39 °C	5.016 ± 0.365 ^b
		Queso	6.863 ± 0.365 ^a
	Sal y manitol	Cuajada	5.192 ± 0.365
		Leche	5.104 ± 0.365
		Leche a 39 °C	5.053 ± 0.365
		Queso	5.238 ± 0.365
	Estafilococos 110	Cuajada	6.215 ± 0.365
		Leche	6.060 ± 0.365
		Leche a 39 °C	6.127 ± 0.365
		Queso	6.000 ± 0.365
Invierno	Sabouraud	Cuajada	5.340 ± 0.365 ^b
		Leche	5.667 ± 0.365 ^b

	Leche a 39 °C	6.027 ± 0.365 ^b
	Queso	7.697 ± 0.365 ^a
Sal y manitol	Cuajada	5.527 ± 0.365 ^b
	Leche	5.310 ± 0.365 ^b
	Leche a 39 °C	6.000 ± 0.365 ^b
	Queso	4.000 ± 0.517 ^a
Estafilococos 110	Cuajada	4.723 ± 0.365 ^c
	Leche	6.549 ± 0.365 ^b
	Leche a 39 °C	6.082 ± 0.365 ^b
	Queso	7.077 ± 0.365 ^a
Mack Conkey	Leche	5.066 ± 0.365 ^b
	Leche a 39 °C	5.903 ± 0.517 ^{ab}
	Queso	7.060 ± 0.365 ^a

^{ab} Literales diferentes indican diferencias significativas dentro del medio de cultivo a través de la etapa de procesado y por época del año.

Trabajo a futuro

Se tiene contemplado usar las bacterias BAL aisladas de cada periodo como inóculo para la elaboración de queso "tenate" a partir de leche pasteurizada. De los tres periodos analizados se seleccionara el grupo de bacterias que presente las mejores características organolépticas, reológicas y microbiológicas. Del grupo seleccionado se trabajara con bacterias individuales para la selección de aquellas se proporcionen las mejores propiedades y finalmente de las bacterias seleccionadas se identificarán por medio del gen 16Sr.

Conclusiones

La cuantificación de diversos microorganismos durante cada etapa del proceso de fabricación de queso tenate no difiere en las diversas épocas del año estudiadas. Sin embargo, al revisar la interacción entre la época del año, el medio de cultivo y la etapa de proceso, invierno es la época donde más variación de microorganismos se encontró.

Referencias

- Caro, I., Mateo, J., Vargas, J. and Contreras, A. (199). Tenate cheese from México. 4° Encuentro de Química de los alimentos. Universidad de Coimbra. Comunicación. Libro de actas. Coimbra
- Beresford, T-P; Fitzsimons, N-A; Brennan, N-L and Cogan, T-M. (2001). Recent advances in cheese microbiology. *Int. Dairy Journal* (11) 247-259.
- Cervantes, E-F; Villegas, de G-A; Cesín, V-A y Espinosa, O-A. (2008). Los quesos mexicanos genuinos. Patrimonio cultural que debe rescatarse. Mundi-Prensa México. Primera Edición. P 185

Evans, J-B. and Niven, C-F. (1951). Nutrition of the heterofermentative lactobacilli that cause greening of cured meat products. *J. of Bacteriology*. **(62)** 599–603.

García, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. pp. 23.

Hill, B. Smythe, B. Lindsay, D. and Shepherd J. (2012). Microbiology of raw milk in New Zeland. *Int. J. Food Microbiol.* **(157)** 305-308.

Michel, A-V. and Hauwuy, J-F. (2001). Chamba La flore microbienne de laits crus de vache: diversité et influence des conditions de production. *Lait*. **(81)** 575–592.

Moatsou, G. and Moschopoulou. (2012). Microbiology of raw milk. In: *Dairy Microbiology and Biochemistry*. Eds. B-H. Özer and G. Akdemir-Evrendileu. CRC press. Boca Ratón, FL. USA.

Sanchez-Gamboa, C. Heredia, N. Arechiga, E. Solis, L. García, S. and Nevarez-Moorillon, V.G. (2014). Microbiological Characterization of the Manufacturing Process of Artisanal Chihuahua Cheese. IAFP. Agosto 3-6. Indianapolis, Indiana. USA.

Scott, R. (1991). Fabricación de queso. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España. P 270

Soto, R. L-G. (2009). Evolución de las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del queso tenate elaborado en la región de la peñuela. Tesis. UAEH. ICAp. 74 pp.

Leriche, F. and Fayolle, K. (2012). No seasonal effect on culturable pseudomonads in fresh milks from cattle herds. *Journal of Dairy Science*. **(95)** 2299–2306.

Hill, B, Smythe, B., Lindsay, D., and Shepherd, J. (2012). Microbiology of raw milk in New Zeland. *Int. J. Food Microbiology*. **(157)** 305-308.

Kousta, M., Mataragas, M. Skandamis, P., Drosinos, E.H. (2010). Prevalence and sources of cheese contamination with pathogens of farm and processing levels. *Food Control*. **(21)** 805-815.

Composito funcional: quitosano entrecruzado con fibras de celulosa por procesos no tóxicos.

B.J. Chamorro Garza¹, J. L. Hernández García¹, B.E. Moreno Martínez¹, D. Alonso Segura^{1*}.

¹ Departamento de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Nuevo León.
Av. Eloy Cavazos 2001, Tolteca, C.P. 67170, Guadalupe N. L., México
*diana.alonso@itnl.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Química: Ambiental.

Resumen

Se llevó a cabo un proceso de entrecruzamiento químico entre fibra textil de celulosa con quitosano y ácido cítrico y ácido butanotetracarboxílico como entrecruzantes, logrando la funcionalización mediante procesos y reactivos no tóxicos. Se caracterizó el material por FTIR-ATR y TGA, donde se pudo determinar la banda vibracional del grupo amina en los compositos obtenidos debido al quitosano entrecruzado, mientras que en TGA se logró una estabilidad térmica mayor que la que tienen la fibra de textil de celulosa y el quitosano por separado sin tratamiento de funcionalización.

Se cuantificó la concentración de quitosano entrecruzado por análisis elemental (CHON) teniendo hasta 21.96 mg de quitosano/ g textil al usar ác.butanotetracarboxílico como entrecruzante y hasta 20.13mg de quitosano/ g textil con ác. cítrico como entrecruzante, consiguiendo así que el material y el proceso de obtención sean sustentables, de bajo costo económico y bajo consumo energético.

Palabras clave: Quitosano, textil funcional.

Abstract

It was carried out a process of chemical crosslinking between cellulose fiber textile with chitosan and citric acid and butanetetracarboxylic acid as crosslinkers, achieving its functionalization by a non-toxic process. The composites were analysed by FTIR-ATR, TGA and elemental analysis (CHON).It was observed the vibrational band of the amine group in the functionalized composites due to crosslinked chitosan, a greater thermal stability was achieved than that determined to the non functionalized textile fiber nor the chitosan. Chitosan concentration determined in the composite was circa 21.96 mg/g and 20.13 mg/g of composite when butanetetracarboxylic acid and citric acid were used, respectively, thus showing that the material and the production process are sustainable, low economic cost and low energy consumption.

Introducción

El quitosano, biopolímero compuesto por cadenas lineales con enlaces β -(1,4)-2-acetoamido-2-deoxy-D-glucosa ha sido usado como una alternativa para la elaboración de compositos, ya que existen diversos reportes (Mora *et al*, 2012; Ngahet *et al*, 2010; Quet *et al*, 2009; Wuet *et al*, 2010) en los que se cita que algunos materiales modificados con quitosano presentan capacidad para adsorber metales pesados y otros contaminantes orgánicos / inorgánicos presentes en el agua tales como colorantes, agentes antimicrobianos, entre otras aplicaciones biotecnológicas (Ngah *et al*, 2010). A continuación se muestra la estructura química del quitosano en la fig 1.

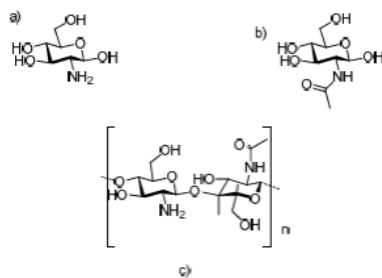


Fig 1. Estructuras de: a) D-glucosamina, b) N-acetilglucosamina, c) quitosano.

De acuerdo a las características físico-químicas que presenta este biopolímero, como peso molecular (PM) y grado de acetilación (GA), es considerado como un material que tiene la capacidad de disolverse en medios ácidos con $\text{pH} < 5$ por lo que se recomienda el uso de algún tipo de reacción de entrecruzamiento para que las propiedades del material mejoren y así pueda mantener su capacidad y estabilidad en medios ácidos.

Actualmente existen diversos autores (Qu^a *et al*, 2009; Wu *et al*, 2010; Ye *et al*, 2014) que han desarrollado compositos de quitosano con arcillas, celulosa y otros polímeros (Nghah *et al*, 2010; Mora *et al*, 2012; ^bQu *et al*, 2009) con diversas aplicaciones. Sin embargo, en los procesos reportados para la elaboración de estos compositos se utilizan reactivos tóxicos como etilenglicol, glutaraldehído, como agentes de entrecruzamiento entre otros (Wu *et al*, 2010).

Por tanto, con esta investigación se intenta contribuir en el desarrollo de compositos de quitosano realizando reacciones de entrecruzamiento químico con fibra textil de celulosa por medio de un proceso no tóxico.

Metodología

Materiales

Se utilizó Quitosano ($\text{GD} \geq 75\%$, Qs) marca Sigma-Aldrich y textil de fibra de celulosa (manta de indio comercial), como agentes oxidantes para la celulosa se utilizó H_2O_2 grado alimenticio marca Química Jey y luz UV-360nm así mismo se utilizaron dos agentes de entrecruzamiento tales como el Ácido Cítrico (AC), marca Fermont y Ácido butanotetracarboxílico (BTCA) marca Sigma-Aldrich y NaH_2PO_4 marca Fermont como catalizador.

Funcionalización del composito de quitosano

Se prepararon dos soluciones acuosas homogéneas de quitosano, la primera con ácido cítrico y la segunda con ácido butanotetracarboxílico. Las soluciones fueron divididas en 2 lotes para 4 muestras de fibra de celulosa, cada una para ser expuestas a luz UV y H_2O_2 durante un tiempo determinado.

Tras la oxidación de las muestras (con H_2O_2 o con UV), se llevó a cabo la reacción de entrecruzamiento, dos muestras con la solución de ácido cítrico y quitosano y dos muestras con la solución de ácido butanotetracarboxílico y quitosano; durante la reacción de entrecruzamiento se agregó el NaH_2PO_4 como catalizador, seguido de un proceso de curado en horno seco. Posteriormente las muestras obtenidas fueron lavadas con ácido acético, enjuagadas con agua corriente, seguido de un lavado con jabón iónico comercial para retirar los excedentes no entrecruzados, después se dejaron secar las muestras y se pesaron para proceder con la caracterización físico-química.

Caracterización del textil funcionalizado

Análisis Elemental Orgánico (CHN/O), a fin de cuantificar el quitosano entrecruzado con la celulosa, partiendo del hecho de que la celulosa no contiene nitrógeno (N), por lo que todo el nitrógeno cuantificado es proveniente del quitosano entrecruzado. Para el análisis de la fibra de celulosa sin tratamiento, del quitosano y de las muestras funcionalizadas, se realizó por triplicado, colocando una cantidad de muestra de 6 mg de cada una de

estas, en un equipo CHN/O marca Perkin Elmer 2400 Series II. Para estos análisis fue necesario acondicionar el equipo con un estándar de acetilnida, dando como resultado valores de K-Factores adecuados.

Espectroscopia de Infrarrojo por Transformada de Fourier con Reflectancia Total Atenuada (FTIR-ATR). Esta técnica fue utilizada con la finalidad de determinar la presencia de grupos funcionales específicos, particularmente del grupo amino en los compositos, proveniente del quitosano entrecruzado. Todas las muestras obtenidas fueron previamente puestas en secado para eliminar el agua superficial que pudiera haber quedado como remanente y evitar posible ruido químico, así mismo tanto el quitosano y fibra de celulosa sin tratamiento fueron analizadas utilizando tres réplicas en un equipo ThermoScientific-Nicolet iS10 con accesorio de Reflectancia Total Atenuada (ATR) con punta de diamante, haciendo 32 barridos de cada muestra a una longitud de onda $\lambda = 4000 - 400\text{nm}$.

Análisis Termogravimétrico (TGA), se usó para determinar el cambio de masa de las muestras mientras se somete a aumentos de temperatura controlada, esto se realizó colocando 10 mg de cada una de las muestras y una rampa de calentamiento de $10\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ en un equipo SDT Q600 V8.3 Build 101.

Resultados y discusión

Funcionalización del composito de quitosano

Se realizó la funcionalización de la fibra de celulosa y se obtuvieron textiles funcionalizados con quitosano a partir de pre-tratamiento del textil con H_2O_2 y luz UV y entrecruzamiento no tóxico por medio del uso de ácido cítrico y ácido butanotetracarboxílico.

Análisis Elemental

Los resultados obtenidos por medio de análisis elemental (Tabla 1) indicaron que las muestras, después de haber sido sometidas a un lavado con ácido acético y jabón iónico para la disolución de quitosano excedente o no entrecruzado, presentaron concentraciones de nitrógeno proveniente del quitosano, cuantificando hasta $21.1 \pm 0.77\text{mg Qs/g}$ fibra textil cuando se usó BTCA, NaH_2PO_4 y luz UV (muestra UN), y hasta $20.13 \pm 5.87\text{ mg Qs/g}$ fibra textil cuando se usó AC, NaH_2PO_4 y peróxido de hidrógeno; siendo este resultado similar al reportado por Alonso y colaboradores (2009) y hasta 3 veces mayor que lo reportado por ^aQu (2009) quien uso reactivos tóxicos para el entrecruzamiento de quitosano.

Se calculó el porcentaje polimérico (%PL) de acuerdo con la siguiente ecuación 1:

$$PL\% = \frac{100(W_2 - W_1)}{W_1} \quad (1)$$

donde W_1 y W_2 fueron los pesos de las muestras antes y después del proceso de funcionalización, los resultados también se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Contenido de quitosano en la fibra de celulosa funcionalizada.

Muestra	Análisis elemental (Qs mg / g fibra de celulosa)	% PL
BN	21.96 ±5.03	6.54 ±0.52
UN	21.1 ±0.77	2 ±0.35
HQ	20.13 ±5.87	23.38 ±5.27
AN	12.34 ±2.83	30.56 ±2.11
HB	15.55 ±3.39	6.32 ±1.69
UB	10.38 ±1.84	9.22 ±1.16
HA	13.56 ±0.05	3.03 ±1.95
UA	9.34 ±2.79	2.57 ±1.67
BT	0.63 ±0.52	

BN: H₂O₂ + BTCA + Qs + NaH₂PO₄, **UN:** UV + BTCA + Qs + NaH₂PO₄, **HQ:** H₂O₂ + A.C. + Qs + NaH₂PO₄, **AN:** UV + A.C. + Qs + NaH₂PO₄,

HB: H₂O₂ + BTCA + Qs, **HA:** H₂O₂+ A.C. + Qs, **UA:** UV + A.C.+ Qs, **UB:** UV + BTCA + Qs, **BT:** Muestra de textil crudo.

Espectroscopía de Infrarrojo por Transformada de Fourier– ATR.

La figura 2 muestra el espectro de la fibra de celulosa sin tratamiento y del quitosano, ambos usados como materia prima; para hacer evidente la ausencia en la muestra sin tratamiento (línea roja), mientras que en el espectro del quitosano se observa la banda vibracional alrededor de los 1650-1590 cm⁻¹ pertenecientes al grupo amino.

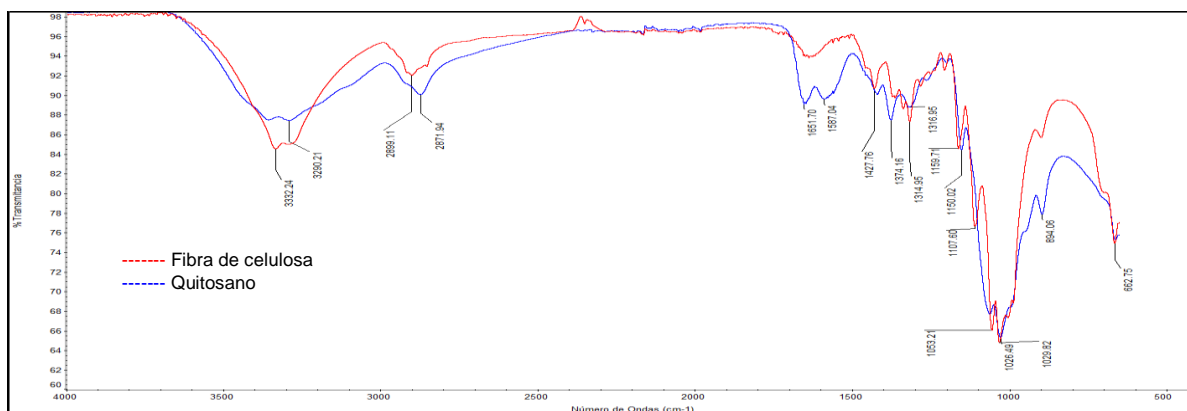


Fig. 2. Espectros de quitosano, Qs (línea azul) y fibra de celulosa cruda (línea roja).

En la Figura3 se pueden observar las diferencias entre la fibra de celulosa oxidada con H_2O_2 y la fibra de celulosa ya funcionalizada con ácido cítrico como entrecruzante. Así se observa como la banda vibracional en $3400-3200\text{ cm}^{-1}$ de la fibra de celulosa funcionalizada baja de intensidad, pero se intensifican las bandas vibracionales en $2960-2850\text{ cm}^{-1}$ y aparece una banda de poca intensidad alrededor de los 1700 cm^{-1} correspondiente al grupo funcional carbonilo, misma que se le atribuye al proceso de entrecruzamiento.

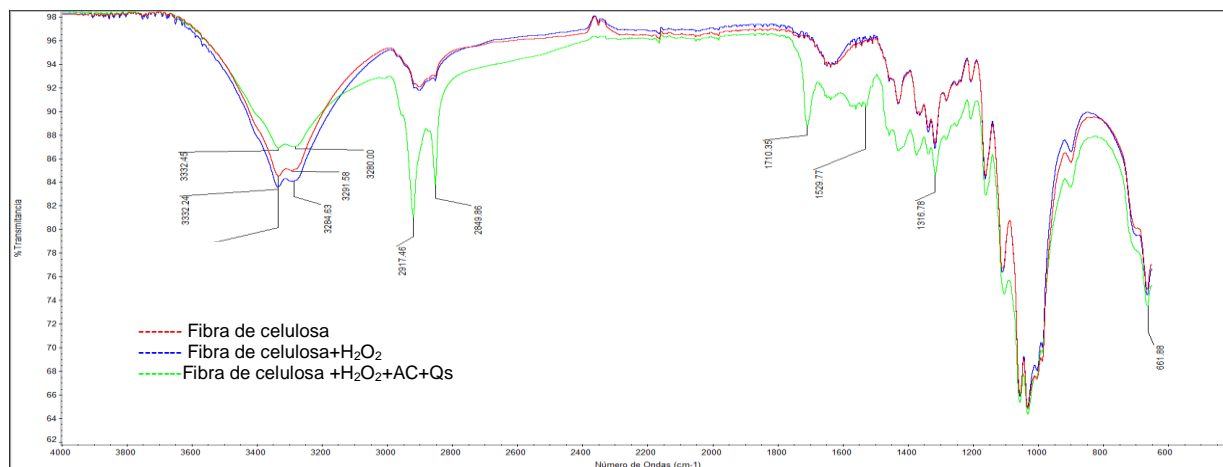


Fig. 3. Espectros de fibra de celulosa cruda (línea roja), fibra de celulosa oxidado con H_2O_2 (línea azul) y fibra de celulosa + H_2O_2 entrecruzado con ácido cítrico y quitosano (línea verde).

En la figura 4, se puede notar como la banda vibracional entre $3400-3200\text{ cm}^{-1}$ de la fibra de celulosa funcionalizada comparada con el espectro de la fibra de celulosa cruda baja de intensidad, alrededor de $2960-2850\text{ cm}^{-1}$ que corresponde al grupo funcional C-H, mientras que las mismas bandas vibracionales son más intensas para la fibra de celulosa que ya ha sido entrecruzado con BTCA (línea verde) y también se observa la banda vibracional correspondiente al grupo amino alrededor de los 1590 cm^{-1} .

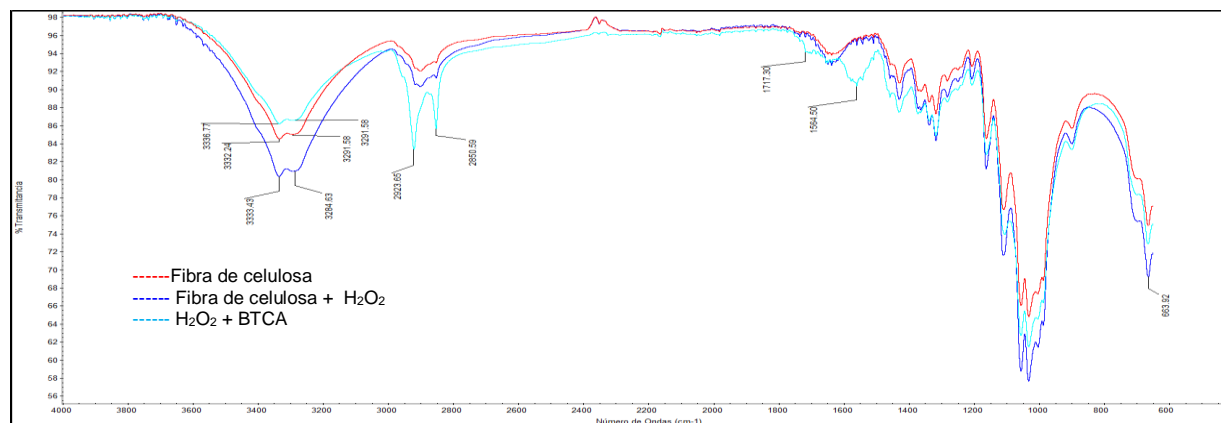


Fig. 4. Espectros de fibra de celulosa cruda (línea roja), fibra de celulosa oxidado con H_2O_2 (línea azul) y fibra de celulosa + H_2O_2 entrecruzado con ácido BTCA (línea celeste).

La siguiente figura, Fig. 5, nos muestra el espectro de las diferentes muestras oxidadas con H_2O_2 , una sin tratamiento de funcionalización (línea roja) y las otras 2 funcionalizadas con distinto agente entrecruzante (línea

rosa y agua). Observamos que las fibras de celulosa funcionalizadas presentan similitudes en las bandas vibracionales que se encuentran en ambos espectros, sin embargo, la muestra donde se usó el ácido cítrico como agente entrecruzante (línea rosa) muestra las bandas más definidas y con mayor intensidad alrededor de los 3400-3200 cm^{-1} y en 1700 cm^{-1} correspondiente al grupo carbonilo lo que también demuestra que se lleva a cabo una esterificación cuando se usa AC y H_2O_2 , sin embargo cuando se usa BTCA y H_2O_2 la banda vibracional a los 1700 cm^{-1} casi desaparece y se intensifica la banda de los 1500 cm^{-1} correspondiente al grupo amino del quitosano.

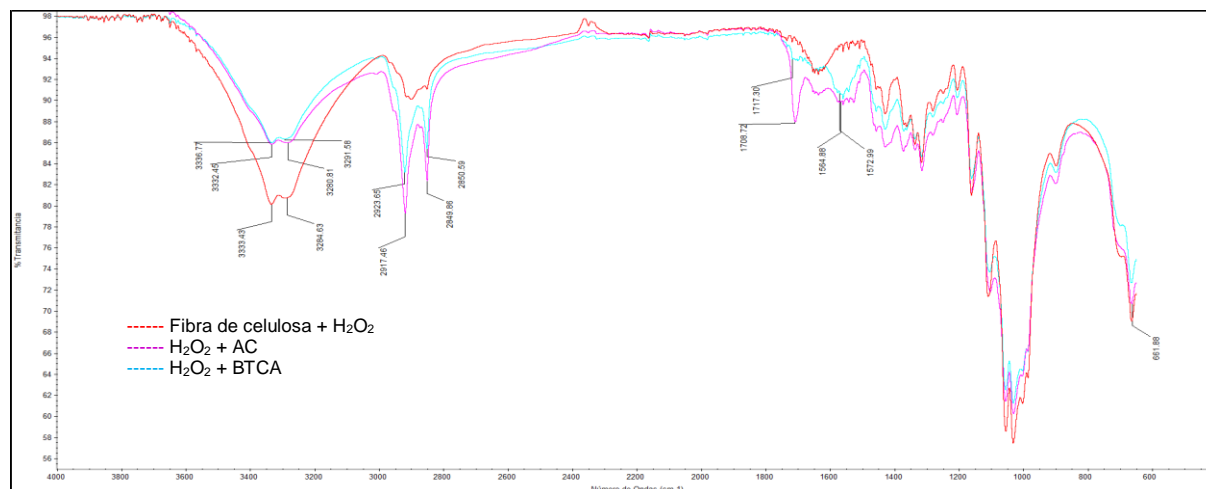


Fig. 5. Espectros de la fibra de celulosa oxidada con H_2O_2 (línea roja), fibra de celulosa entrecruzada con ácido cítrico (línea rosa) y fibra de celulosa entrecruzada con ácido Butanotetracarboxílico (línea aqua).

Termogravimetría.

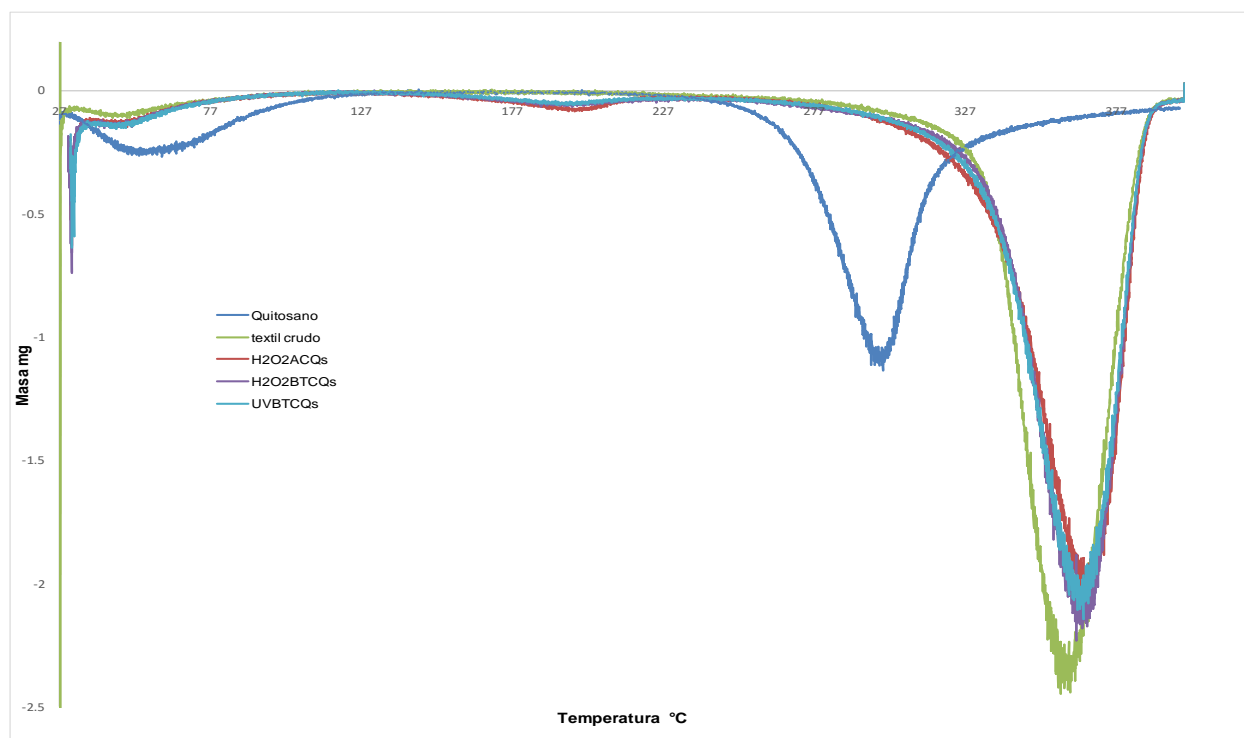


Fig. 6. Termograma del punto de inflexión de distintas muestras

Tabla 2. Temperaturas de degradación de muestra en TGA y DSC

Muestra	TGA (°C)	DSC (°C)
Textil Crudo	300.86	145.03
Quitosano	360.99	150.25
UV + BTCQs	365.54	120.01 – 235.75
H ₂ O ₂ + ACQs	367.32	120.01 – 235.75
H ₂ O ₂ + BTCAQs	365.93	120.01 – 235.75

Se graficó la primer derivada con el objetivo de encontrar el punto de inflexión de cada muestra como se observa en la figura 6.

La tabla 2, nos muestra la temperatura de degradación y podemos ver como se desplaza la temperatura de degradación del textil crudo comparado con los textiles funcionalizados, mostrando como el ácido cítrico como agente entrecruzante ayuda a la resistencia térmica del material.

Trabajo a futuro

Se evaluará el composito para diversas aplicaciones, entre ellas, la remoción de contaminantes en suspensión, tales como metales pesados, evaluando así la estabilidad del material en un rango diverso de pH ácido, así como sobre su capacidad de absorción/adsorción y desorción del contaminante.

Conclusiones

Se concluye que el proceso de oxidación previo a la funcionalización de la fibra de celulosa haciendo uso de luz UV puede ser sustituido por H₂O₂, con base en los resultados obtenidos por los análisis físico-químicos realizados permitió observar el efecto que el H₂O₂ tiene sobre la fibra de celulosa, este comportamiento fue similar al efecto provocado por la luz UV, por lo que el proceso se vuelve más económico y eficiente energéticamente.

Además se muestra que hay cambios significativos cuando se usa ácido cítrico (AC) o ácido butanotetracarboxílico (BTCA) como agente entrecruzantes, puesto que con ambos se logra fijar el quitosano en la celulosa, sin embargo el costo monetario del BTCA es 3 veces mayor al AC, lo que se vuelve representativo en el costo del proceso al hacer uso de los distintos agentes entrecruzantes, por lo que se propone descartar el BTCA para procesos similares.

Referencias

1. Alonso-Segura D., Gimeno M., Olayo R., Vázquez-Torres H., Sepúlveda-Sánchez J. D., Shirai K. (2009). *Cross-linking chitosan into UV-irradiated cellulose fibers for the preparation of antimicrobial-finished textiles*. *Carbohydrate Polymers* 77, 536-546.
 2. Mora, J; Chaves, L; Araya, M; Starbird, R. (2012). Desarrollo de membranas de quitosano y diseño de un equipo para la eliminación de metales pesados del agua. *Tecnología en Marcha*. Vol. 25, N°3., 3-18.
 3. Ngah W.S., Teong L.C., Hanafiah M.A.K.M. (2011). *Adsorption of dyes and heavy metal ions by chitosan composites: A review*. *Carbohydrate Polymers* 83, 1446-1456.
 4. ^a Qu R., Sun C., Wang M., Ji C., Xu Q., Zhang Y., Wang C., Chen H., Yin P. (2009). *Adsorption of Au (III) from aqueous solution using cotton fiber/chitosan composite adsorbents*. *Hydrometallurgy* 100, 65-71.
 5. ^b Qu R., Sun C., Ma F., Zhang Y., Ji C., Xu Q., Wang C., Chen H. (2009). *Removal and recovery of Hg (II) from aqueous solution using chitosan-coated cotton fibers*. *Journal of Hazardous Materials* 167, 717-727.
- Wu, F-C., Tseng R-L., Juang, R-S. (2010). A review and experimental verification of using chitosan and its derivatives as adsorbents for selected heavy metals. *Journal of environmental management*, 91: 798-806.
6. Ye, M., Sun, M., Kengara, F.O., Wang, J., Ni, N., Wang, L., Song Y., Yang, X., Li, H., Hu, F., Jiang, X. (2014). Evaluation of soil washing process with carboxymethyl- β -cyclodextrin and carboxymethyl chitosan for recovery of PAHs/heavy metals/fluorine from metallurgic plant site. *Journal of environmental sciences*

Capacidad antioxidante y contenido de ácido ascórbico en Berro (*Nasturtium officinale*).

M. Castillo-Morales^{1*}, J. Del Ángel-Zumaya¹, E. Flores-Andrade¹, E. Bonilla-Zavaleta¹, F. Ortiz-Canizales¹

¹Facultad de Ciencias Química, Universidad Veracruzana. Prol. Oriente 6 No. 1009, C.P. 94300, Orizaba, Ver., México

*maricastillo@uv.mx

Área de participación: Ingeniería Química.

Resumen.

En los últimos años el uso de alimentos mínimamente procesados se ha incrementado debido a la tendencia de los consumidores hacia una alimentación más sana. Entre estos productos, el berro es una alternativa por ser una hortaliza de fácil acceso, de bajo costo y rico en compuestos funcionales. Esta hortaliza se encuentra ampliamente extendido por el centro de la región de las altas montañas, principalmente en Tlilapan y Sierra de Agua, en el estado de Veracruz. Esta crucífera presenta componentes bioactivos y nutritivos El objetivo de este trabajo fue el de evaluar el contenido de estos compuestos en los berros muestreados en dichas zonas. De los cuales sobresalen los berros de la región de Tlilapan ya que presentaron mayor composición de vitamina C (63.61 mg/100 g muestra), rica en Ca, Hierro, Magnesio, Sodio y potasio así como la mayor actividad antioxidante.

Palabras clave: Berros, antioxidante, ascórbico, minerales.

Abstract.

In recent years, the minimally processed food industry has increased due to a consumer trend toward healthier eating. Among these products, watercress is an alternative for being a vegetable easily accessible, inexpensive and rich in functional compounds. This vegetable is widely spread across the center of the region of high mountains, especially in Tlilapan and Sierra de Agua, in the state of Veracruz. These cruciferous present bioactive and nutritional components the aim of this study was to evaluate the content of these compounds in the watercress sampled in those areas. In special, watercress Tlilapan, because they had higher vitamin C composition (63.61 mg / 100 g sample), rich in Calcium, Iron, Magnesium, Sodium and potassium as well as the highest antioxidant activity.

Introducción.

El berro es una hortaliza acuática originaria de Europa central, occidental y Oeste de Asia, de ahí se extendió al norte de África, América, así como al Caribe. Es una planta herbácea de poca altura con hojas alargadas de forma oval que presentan un sabor fresco y picante, similar al de la mostaza, que se acentúa con el tiempo, por lo que se recomienda consumir en estado juvenil y antes de florecer (Ortiz-Canizales, 2011). El berro destaca dentro de los ingredientes y/o especies vegetales utilizadas por diferentes pueblos indígenas, desde épocas prehispánicas, pues conocen su valor nutricional, resistencia al clima y la extensa forma de cocinarlas, por lo que es muy apreciado como alimento. Otra ventaja es que no son cultivados, sino que aparecen de manera espontánea en riachuelos pocos profundo (30 cm), o con poca corriente, formando una frondosa capa que cubre el agua de manera superficial.

El berro es considerado un alimento nutraceutico puesto que proporciona beneficios médicos o para la salud, incluyendo la prevención y/o el tratamiento de enfermedades juntamente con capacidad terapéutica definida, a parte de su papel nutritivo básico desde el punto de vista material y energético; también son productos de origen natural con propiedades biológicas activas. Esta hortaliza es una fuente de vitaminas esenciales como la A y la C, minerales entre los que destacan el Calcio y hierro. Además posee propiedades funcionales por su capacidad antioxidante, anticarcinogénica, diurética, antiartrítica y depurativa, es aprovechado desde la

antigüedad, para el tratamiento de las enfermedades metabólicas. Mejora la eliminación de los líquidos, depuración de la sangre y de los órganos de filtración de nuestro organismo

La relación entre antioxidantes y salud viene avalada por que estos son compuestos que inhiben o retrasan la oxidación de otras moléculas mediante la inhibición de la inclinación o propagación de las reacciones de oxidación en cadena bloqueando los radicales libres que dañan las células, lípidos proteínas y ADN hasta que sean captados y recuperen una estructura estable. En todo este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo general el determinar la actividad antioxidante, ácido ascórbico y minerales del (*Nasturtium Officinale*) "Berro" del municipio de Tlilapan y Sierra de Agua Ver

Metodología

Materiales

En el presente trabajo se ocuparon reactivos y solventes de J. T. Baker. Además de material y equipos de uso general. De manera particular en la cuantificación de ácido ascórbico se usa un HPLC modelo Perkin Elmer serie 200. Para determinación de minerales se utilizó el Espectrofotómetro de Absorción Atómica marca GBC Serie 932 AA y para determinar actividad antioxidante se empleó un espectrofotómetro de UV visible de la marca MAPADA, modelo UV3100PC

Material biológico

Para realizar este trabajo se utilizó la plata llamada berro (*Nasturtium officinale*) que se recolectó en los municipios de Tlilapan y en la localidad de Sierra de Agua está situado en el Municipio de Acultzingo, ambas localidades del Estado de Veracruz.

Determinación de Ácido ascórbico

Para la preparación de la muestra, se siguió el protocolo establecido por Imán-Correa et al., (2011), en donde se pesaron 10 ± 0.1 g de hoja de berro y se adicionaron 6 mL de solución de ácido metafosfórico al 4.5% y los fragmentos de hojas se trituraron con ayuda de un pistilo. El sobrenadante se recolecta en un vaso de precipitados de 50 mL. Adicionar otros 6 mL de la solución acida y repetir la extracción 2 veces más. Esta mezcla fue centrifugada 4,000 g por 5 min y el sobrenadante se filtró a través de acrodiscos de $0.45 \mu\text{m}$. Se ajustó a un volumen de 25 mL con solución de ácido metafosfórico al 4.5% y se transfirió a un vial de vidrio ámbar debidamente etiquetado. Para calcular la concentración de ácido ascórbico se utilizó una curva de calibración con soluciones estándares de ácido ascórbico (99%, Sigma-Aldrich) a concentraciones de 0.1, 0.25, 0.5, 0.75 y 1 % (p/v) en solución de ácido metafosfórico.

Los análisis de vitamina C, fueron realizados usando un equipo HPLC modelo Perkin Elmer serie 200 equipado con bomba cuaternaria, auto inyector, detector UV-visible, horno para columna, modulador de temperatura), columna Kromosil 100, C18 fase en reversa (25 X 0.4cm). Como fase móvil solución ácido metafosfórico al 4.5% y la razón de flujo de la fase móvil 1 mL/min, el volumen de inyección de 20 μL , longitud de onda del detector a 245 nm y tiempo de corrida 10 minutos. La cuantificación se realizó por el método de estándar externo.

Determinación de minerales por espectrometría de absorción atómica

Se toman 1 g de las hojas de las muestras del material biológico y se digestaron con 10 mL de ácido nítrico concentrado, en un microdigestor Kjeldhal. Se calentó hasta ebullición (agitando el matraz esporádicamente para facilitar el contacto de materia orgánica y el ácido) hasta que la solución presentara un color traslucido y no haya liberación de vapores pardos, los cuales indican la presencia de materia orgánica. Las muestras digeridas fueron filtradas en papel Whatman No. 1 y el filtrado se analizó el equipo de absorción atómica. Para calcular la concentración de cada uno de los minerales se utilizaron curvas de calibración con soluciones estándares de Calcio, magnesio, sodio, potasio y hierro, de acuerdo a lo establecido en la tabla 1.

Los análisis de los minerales fueron realizados en un espectrofotómetro de absorción atómica GBC modelo 932AA, con lámparas de cátodo hueco diferentes de acuerdo al mineral a analizar. Los gases y rango de

temperatura utilizados en el nebulizador, son los que se muestran en la tabla 1. Los resultados se expresaron en mg/100 g de muestra seca (Kawashima y Soares, 2003).

Tabla 1. Concentraciones de las soluciones estándares y condiciones del espectrofotómetro por mineral

Mineral	CONCENTRACIONES (ppm)					Gases	Temperatura nebulizador
Na ⁺¹	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	Aire-acetileno	2800-3200 °C
Ca ⁺²	100	300	600	900	1000	Acetileno-NO ₂	2200-2800 °C
Mg ⁺²	5	10	15	20	100	Aire-acetileno	2200-2800 °C
K ⁺¹	100	300	400	500	600	Aire-acetileno	2200-2800 °C
Fe ⁺²	10	30	60	90	120	Aire-acetileno	2200-2800 °C

Determinación de la actividad antioxidante

Los extractos etanólicos se prepararon con 20 g de hojas de los berros recolectados se molieron y maceraron con etanol al 60%. Esta mezcla fue homogenizada con ayuda de un agitador orbitalico a una velocidad de 200 rpm por 20 min, después se centrifugo a 4000 rpm por 10 minutos y decantado para obtener el sobrenadante.

La evaluación de la capacidad antioxidante se realizó utilizando el reactivo 2, 2- Difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), de acuerdo a lo realizado por Brand-Williams et al. (1995), La solución de DPPH fue usada como blanco y el ácido ascórbico como antioxidante de referencia. Para calcular el porcentaje de inhibición del DPPH se utilizó una curva de calibración con soluciones estándares de ácido ascórbico (99%, Sigma-Aldrich) a concentraciones de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 y 70 mM (p/v) en solución con metanol grados espectrofotométrico. Cabe mencionar que para tener receptibilidad en el método se realizaron las lecturas por triplicado esperando un intervalo de tiempo corto entre cada lectura. Las muestras se prepararon por triplicado y se determinó la absorbancia a una longitud de onda de 524 nm. Los datos se expresan como porcentaje de actividad antirradicalica y para calcularla se necesita tener la absorbancia del catión radical no inhibido (A₀) y la medida de la absorbancia después de haber agregado la muestra (A_m) para sustituir en la siguiente formula.

$$\%AAR = \frac{A_0 - A_m}{A_0}$$

Análisis estadístico

El arreglo de los experimentos se hizo en un diseño completamente al azar. Los datos se presentan como la media ± el error estándar. Los valores medios fueron comparados usando la prueba de Tukey (P ≤ 0.05). Los datos fueron procesados usando el paquete estadístico Minitab® 17.1.0

Resultados y discusión

Contenido de ácido ascórbico

El contenido de vitamina C se muestra en tabla 2 en donde los resultados indican que existe diferencia significativa entre las muestras con respecto al contenido de vitamina C, presentándose mayor contenido en los berros obtenido de Tlilapan que de Sierra de agua. A pesar de esto, los valores de ácido ascórbico obtenidos fueron semejantes a los reportados por Holland *et al.*, (1991) con 62 mg por 100 g⁻¹ de muestra y Cruz *et al.*, (2008) con 50 mg por 100g⁻¹ de muestra, este último trabajo también utilizaron la técnica de HPLC, aunque difieren condiciones cromatografías.

Tabla 2. Contenido de ácido ascórbico

Origen de la muestra	mg vitamina C/100 g muestra
Tlilapan	63.61 ±0.10 (a)
Sierra de Agua	54.27 ± 0.02(b)

Letras diferentes indican muestras que son significativamente diferentes (P < 0.05).

Contenido de minerales por espectrometría de absorción atómica

Con ayuda de la curva de calibración de cada mineral se obtuvieron los resultados de cada mineral expresado en mg/100 g de muestra seca, se tomaron lecturas de las diversas concentraciones para saber la linealidad del de la curva de calibración tomando tres lecturas para tener receptibilidad

Tabla 3. Contenido de minerales en los berros analizados

Lugar de muestreo	mg/100 g muestra				
	Ca	Mg	Fe	K	Na
Tlilapan	163.45±0.32	24.53±0.42	2.85±0.03	280.03±0.08	15.58±0.33
Sierra de agua	167.93±0.11	21.15±0.15	3.13±0.04	274.37±0.35	14.47±0.25

En comparación con otras hortalizas, el berro tiene mayor contenido de calcio que la acelga, y la espinaca. Este tiene mayor contenido de hierro que el apio. En comparación con la lechuga tiene más contenido de potasio, Su contenido de sodio es parecido al de las espinacas. Los valores encontrados en los berros de la zona son muy similares a lo reportado por Holland *et al*, 1991, sin embargo las ligeras variaciones podría ser posiblemente causadas por la variación en el contenido mineral en el cultivar, la ubicación, prácticas agrícolas, las precipitaciones, y posiblemente la temperatura (Padilla, 2014).

Actividad antioxidante

La actividad antioxidante es un parámetro que mide el grado en que el compuesto antioxidante evita que su sustrato se oxide. Si el valor es cercano a 100, la actividad del compuesto en cuestión es alta. Así, la mayor inhibición se observó con el berro proveniente de Tlilapan con un % e actividad antirradicalica cercana al 59%, por el otro lado el berro proveniente de Sierra de Agua presento valores inferiores al 40% (Figura 1).

Pineda *et al.*, (1999) analizaron el efecto sinérgico de diferentes constituyentes en algunos alimentos vegetales y encontraron que algunos compuestos fenólicos en asociación con los carotenoides, e incluso la vitamina C, actúan de forma sinérgica en la actividad antioxidante. Esto explica que el berro proveniente de Tlilapan con mayor concentración de ácido ascórbico (63.61 mg/100 g de muestra) resultara con los valores más altos de porcentaje de inhibición al DPPH (actividad antirradical).

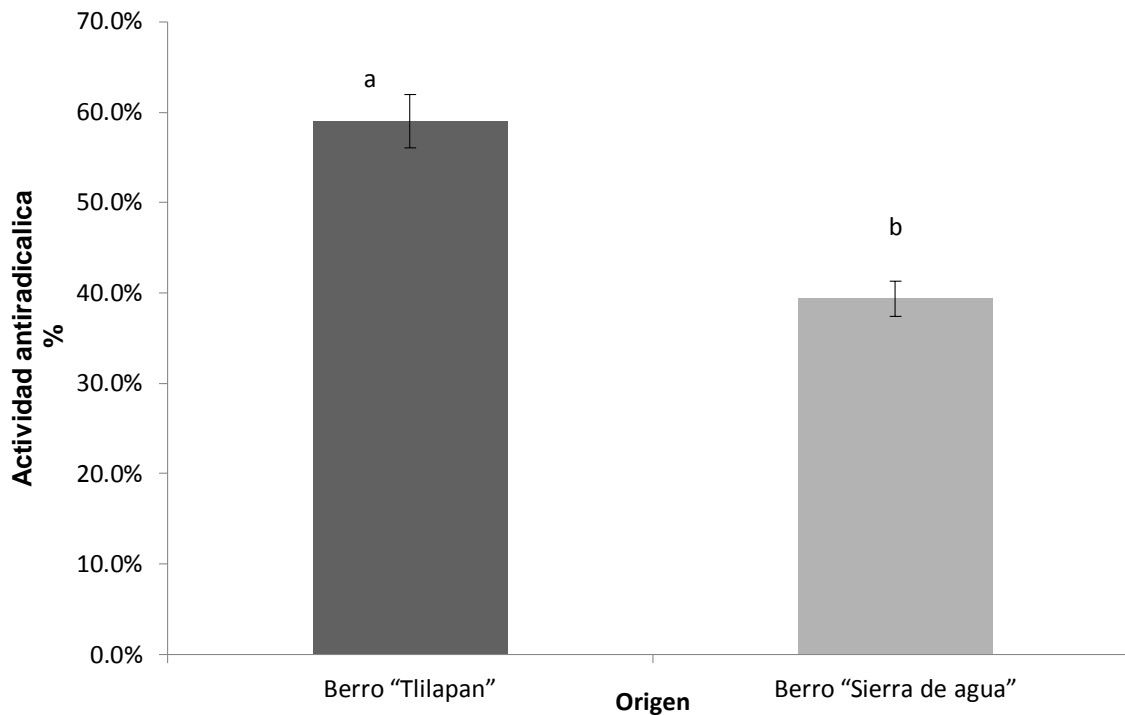


Figura 1. Actividad antioxidante de los extractos de berros. Letras diferentes indican muestras que son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Trabajo a futuro

Es importante relacionar el efecto que tiene el grado de madurez y el color (determinado con un colorímetro universal) de la planta con respecto al contenido de vitamina C, minerales y su actividad antioxidante. Además de la variación del contenido de estos nutrientes con respecto de la variación del clima durante el año.

Conclusiones

Las hojas del berro recolectadas en Tlilapan y Sierra de agua pueden considerarse un alimento funcional, pues se demostró que contienen minerales y ácido ascórbico. Sobresalen los berros de la región de Tlilapan ya que presentaron mayor composición de vitamina C, rica en Ca, Hierro, Magnesio, Sodio y potasio así como la mayor actividad antioxidante.

El cultivo de berro es una hortaliza que puede ser rentable para las poblaciones rurales y de bajos recursos debido a que se compara con el contenido de nutrientes de otras hortalizas, ya que su cultivo se puede realizar en cualquier mes del año y esto puede generar ingresos además de ser un gran aporte nutricional para estas poblaciones.

Referencias

1. Correa, S. I., Freyre, S. P., y Aldano, M. M. (2011). Caracterización morfológica y evaluación de la colección nacional de gemoplasma de *camu camu Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh, del INIA Loreto-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 2(4), 189-201.
2. Cruz, R. M., Vieira, M. C., and Silva, C. L. (2008). Effect of heat and thermosonication treatments on watercress (*Nasturtium officinale*) vitamin C degradation kinetics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(4), 483-488.

3. Holland, B., Unwin, I., and Buss, D. (1991). Vegetables, herbs and spices. The composition of Foods. Fifth supplement to McCance and Widdowson's. The Royal Society of Chemistry and Ministry of Agriculture Fisheries and Food :109. UK: Bath Press
4. Kawashima, L. M., and Soares, L. M. V. (2003). Mineral profile of raw and cooked leafy vegetables consumed in Southern Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16(5), 605-611.
5. Padilla-Uvidía A.M. (2014). Evaluación del potencial nutritivo y nutracéutico de galletas elaboradas con berro (*Nasturtium officinale*) deshidratado como colorante y saborizante. Tesis de grado. Escuela superior politécnica de Chimborazo, Ecuador
6. Palomeque O. M., (2009). Implementación y aplicación de métodos analíticos para determinar la capacidad antioxidante de compuestos orgánicos. Tesis licenciatura. Universidad Veracruzana. México
7. Pineda, A.D.; Salucci, M., Lázaro, R.; Maiani, G.; Ferro-Luzzi, A. (1999). Capacidad antioxidante y potencial de sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes de algunos alimentos. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición* 13: 104-11.
8. Silveira, A. C., Araneda, C., Hinojosa, A., and Escalona, V. H. (2014). Effect of non-conventional modified atmosphere packaging on fresh cut watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) quality. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 114-120.
9. Ortiz-Canizales (2011) Determinación del contenido ácido ascórbico, minerales, y actividad antioxidante del berro (*Nasturtium officinale*). Tesis licenciatura. Universidad Veracruzana. México.

Producción de liposomas por el método inyección de etanol

C. Gutiérrez Bacilio¹, L. Gaziola de la Torre², D. Cantú Lozano^{1*}
1ITO Oriente 9 N° 852, Emiliano Zapata CP 94320, Orizaba, Ver., México
2LaNBDA UNICAMP Zeferino Vaz, Campinas, Sao Paulo, Brasil
*citlaligtzbacilio@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

El objetivo principal de este trabajo fue el desarrollo de un proceso estable para la producción de liposomas, mediante el método inyección de etanol obteniendo partículas liposomales de un tamaño e índice de polidispersidad (PDI) estable. Monitoreando el potencial eléctrico para las concentraciones propuestas 2,3 y 4 mM para LIPOID E80 Y 10 mM para LIPOID S45, fosfolípidos de lecitina de huevo y soya. El método se basa en la inyección de dispersiones lipídicas en un reactor que contiene la fase acuosa sometida a agitación vigorosa, control estricto de temperatura, siempre mayor a la temperatura de transición de cada fosfolípido objeto de estudio en este ensayo y relación volumétrica de las dispersiones lipídicas con la fase acuosa. Obteniendo tamaños de partículas estables para la concentración de 4 mM para el caso de LIPOID S45 con un tamaño de partícula 398 6.65 y una polidispersidad de 0.465 0.007 [-].

Palabras clave: LIPOID S45, LIPOID E80, Polidispersidad, potencial eléctrico

Abstract

The main objective of this work was the development of a stable process for the production of liposomes, by the ethanol injection method of obtaining liposomal particle sizes and polydispersity index (PDI) stable. Monitoring the electric potential with the proposed concentrations 2.3 and 4 mM for LIPOID E80 and 10mM to LIPOID S45, phospholipids of egg lecithin and soybean. The method involves the injection of lipid dispersions in a reactor containing, always greater than the transition temperature of each phospholipid under study in this assay and volume ratio aqueous phase under vigorous agitation, strict temperature control of dispersions lipid with the aqueous phase. Obtaining particle sizes stable for the concentration of 4 mM in the case of LIPOID S45 with a particle size of 398 and a polydispersity of 6.65 0.465 0.007 [-].

Keywords: LIPOID S45, E80 LIPOID, Polydispersity, electric potential

Introducción

Los liposomas son vesículas esféricas compuestas por bicapas lipídicas concéntricas, pueden ser utilizadas en una gran variedad de aplicaciones farmacéuticas, cosméticas y alimentaria. Los sistemas liposomales, micro o nano han atraído mucha atención como posibles formas de dosificación orales. Entre estos, los liposomas poseen la ventaja de estar compuestos por materiales fisiológicos [Porras y col., 2008].

Los liposomas son constituidas predominantemente por moléculas anfífilas, por lo que están constituidas por un grupo hidrófilo (soluble en agua) y un grupo hidrófobo (insoluble en agua), debido a esas propiedades y su estructura estos compuestos se auto agregan en vesículas cuando están en contacto con soluciones acuosas. Dicha vesícula puede contener uno o varios núcleos acuosos con lamelas concéntricas o unilamelares dependiendo del método de producción. [Lasic 1993]. Su estructura depende de la naturaleza química, longitud y grado de saturación de las cadenas hidrocarbonadas presentes, el pH y la carga iónica de la fase acuosa.

Existe una variedad de métodos reportados en literatura para la preparación de liposomas entre ellos el método hidratación de película delgada, evaporación inversa de fase, inyección de etanol o éter, y la diálisis detergente. Algunas técnicas que han sido empleadas para ayudar a reducir el tamaño de las vesículas, son por ejemplo, sonicación, la extrusión a alta presión y microfluidización [Huang y col., 2014].

El método inyección de etanol es una técnica interesante para la producción de liposomas ya que presenta ventajas como simplicidad, implementación rápida y reproducibilidad, así como el hecho que no causa la degradación de lípido o alteraciones oxidativas. Este método se implementó por primera vez en la década de 1970 por Batziri y Korn 1973 como una alternativa para la preparación de pequeñas vesículas unilamelares sin tratamiento ultrasónico.

En los años siguientes, varios estudios han investigado los parámetros de preparación de la técnica de inyección de etanol (concentración de lípidos y la composición, la velocidad de inyección, temperatura de ambas fases, velocidad de agitación, etc.) en las características de liposomas (distribución de tamaño, potencial zeta, eficiencia de encapsulación etc.) [Charcosset y col., 2015].

En el presente estudio, se llevo a cabo la preparación de liposomas por el método inyección de etanol, este fue realizado en un sistema por lotes a temperatura y flujo de inyección de la fase orgánica controladas los liposomas obtenidos se caracterizaron por tamaño, índice de polidispersidad (PDI), potencial Zeta, utilizando para este ensayo fosfolipidos de lecitina de soya y lecitina de huevo.

Metodología

Materiales

Los fosfolipidos usados fueron Lipoid E 80 (Lipoid GMBH Ludwighafen, Alemania) que es obtenido a partir de lecitina de huevo y contiene 80% de fosfatidilcolina, Lipoid S45 (Lipoid GMBH Ludwighafen, Alemania) obtenida a partir de lecitina de soya y contiene 45% de fosfatidilcolina. Etanol absoluto para análisis (99 % de pureza) fue suministrado por Merck (Darmstadt, Alemania). Agua altrapura obtenida de un sistema de purificación masca Mili-Q milipore.

Método de inyección de etanol

Los liposomas se obtuvieron a partir del método de inyección de etanol, disolviendo en etanol cada fosfolípido (fase orgánica), posteriormente se sometió a sonicación durante 30 minutos a una temperatura superior a la temperatura de transición de cada lípido, esta solución fue inyectada mediante una bomba peristáltica a 30 *ml/min*, a un reactor encaquetado adaptado con deflectores y un agitador mecánico contenido con agua ultra pura a una velocidad de 1249 r.p.m., durante 5 minutos, las muestras se almacenaron durante 24 horas para su posterior caracterización

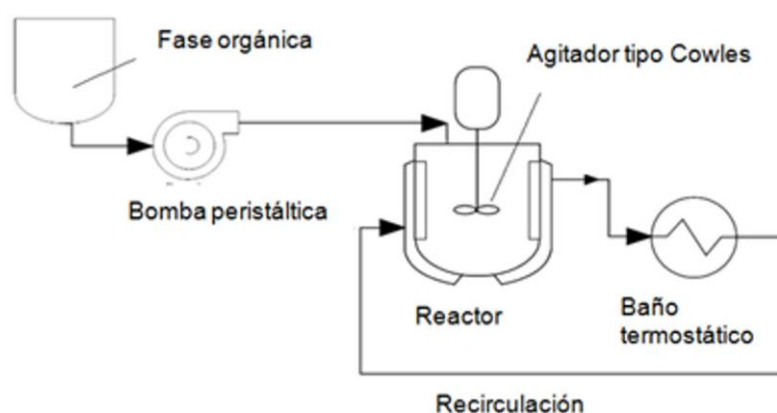


Figura 1 Diagrama esquemático de proceso de producción de liposomas por el método inyección de etanol

Caracterización de liposomas

Los liposomas fueron caracterizados en términos de diámetro medio, índice de polidispersidad (PDI) y potencial Zeta

Diámetro hidrodinámico y polidispersidad

Dispersión dinámica de luz es utilizado en el análisis de distribución de tamaño de liposomas en este estudio se utilizó Malvern ZetaSizer Nano-ZS, para todas las mediciones el ángulo de incidencia fue determinado a un ángulo de 173°, cada muestra fue analizada por triplicado a 25 °C. La polidispersidad Tamaño de partícula media se expresó como la media \pm desviación estándar.

Potencial zeta

Potencial zeta es una medida dependiente de la movilidad electroforética de la partícula, proporcionando información de la densidad de carga, estabilidad coloidal y se determinó el potencial Zeta usando un Malvern Zeta Sizer a 25°C.

Resultados y discusión

Las vesículas lipídicas se han caracterizado en términos de tamaño medio y los valores PDI. Con el fin de estudiar la reproducibilidad de la técnica, cada experimento bajo condiciones idénticas se repitió tres veces.

Diámetro hidrodinámico polidispersidad y potencial zeta

El índice de polidispersidad es un indicador de la distribución de partículas en cada muestra. En la tabla 1 se encuentran resumidos los resultados obtenidos para cada lípido. Las vesículas liposomales fueron caracterizadas en términos de diámetro medio y PDI, cada experimento fue repetido bajo las mismas condiciones 3 veces

Tabla 1 Tabla de resultados de la caracterización de liposomas LIPOID S45 Y LIPOID E80

Lípido	Concentración final [mM]	Z-Ave d.nm	PDI -	ZP mV
LIPOID E80	4	398 \pm 6.65 ^A	0.465 \pm 0.007 ^A	-21.1 \pm 4.12
LIPOID E80	3	362.7 \pm 5.38 ^A	0.311 \pm 0.007 ^A	-26.3 \pm 2.20
LIPOID E80	2	417.7 \pm 21.26 ^A	0.349 \pm 0.092 ^A	-19.3 \pm 4.51
LIPOID S 45	10	214.5 \pm 46.17 ^B	0.346 \pm 0.104 ^A	-50.3 \pm 2.63

^A no representa diferencia significativa entre las medias ($p > 0,05$). Z-Ave: Diámetro medio de partícula, PDI: Índice de polidispersidad, ZP: potencial Zeta

En la tabla 1 para el caso LIPOID E80 observamos variación no significativa de la desviación estándar para concentración analizada, obteniendo diámetros de partícula aceptables para este estudio y un índice de polidispersidad sin diferencia significativa para ambos lípidos confirmando una cuasi-monodispersidad en la suspensión coloidal de lípidos.

La carga superficial es generada principalmente por el fosfolípido, que no tuvo diferencia significativa en cada replica. Valores negativos de potencial zeta indican que son lípidos de carácter aniónico, de acuerdo con [Lassic, 1998] partículas más positivas que +30mV y más negativas que -30mV forman dispersiones estables, los resultados obtenidos para cada concentración de LIPOID E80 demuestran que la suspensión LIPOID E80 concentración de 3mM es eléctricamente más estable que las 2 y 4 mM.

En la figura 2 y 3 se observa que la dispersión de luz para el caso de LIPOID E80 a concentraciones de 3 y 4 mM y LIPOID S45 muestra dos picos lo que representa que hay diferentes tamaños de partículas que propician que exista dispersiones de luz diferentes en cada ensayo para el caso de la concentración de 2 mM obtenemos únicamente una dispersión de luz lo que refiere a una monodispersidad en la producción de liposomas.

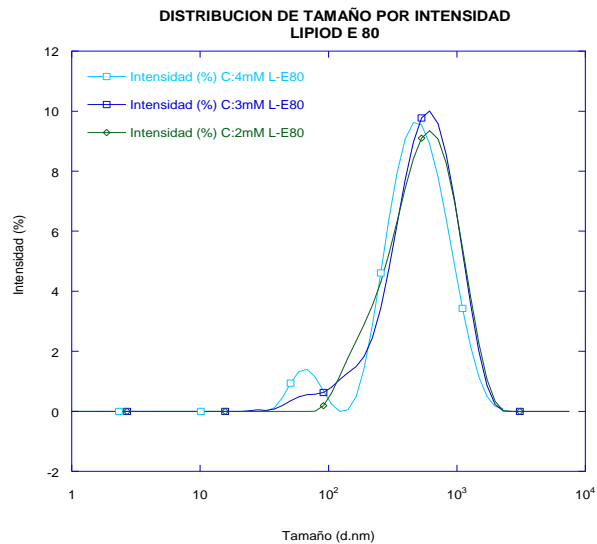


Figura 2. Distribución de tamaño de partícula por intensidad para LIPOID E80

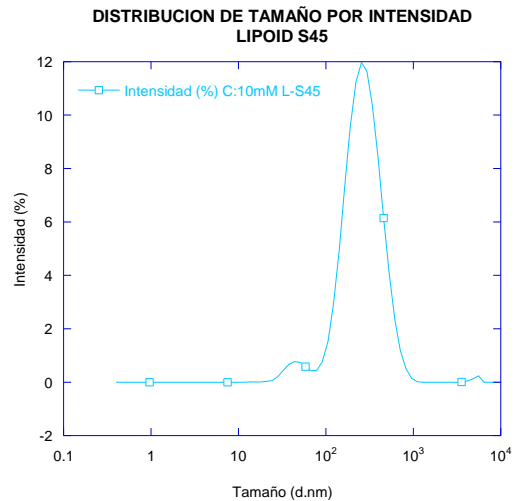


Figura 3. Distribución de tamaño de partícula por intensidad para LIPOID S45

En la figura 4 y 5 observamos la distribución por número con respecto a tamaño de partícula, para el caso de LIPOID E80 concentración 3 mM y 2mM se observa un tamaño de partícula con una población menor a 500 nm, la concentración 2 mM también muestra una pequeña población de diámetro mayor a 500 nm y la concentración 4 mM muestra una sola población de 500 nm. Para el caso de de LIPOID S45 presenta 3 poblaciones de diferentes tamaños de partícula sin embargo estas poblaciones son menores de 500 nm

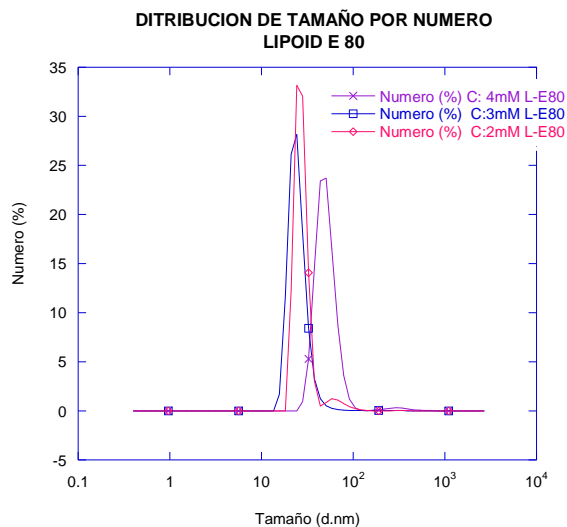


Figura 3. Distribución de tamaño de partícula por intensidad para LIPOID E80

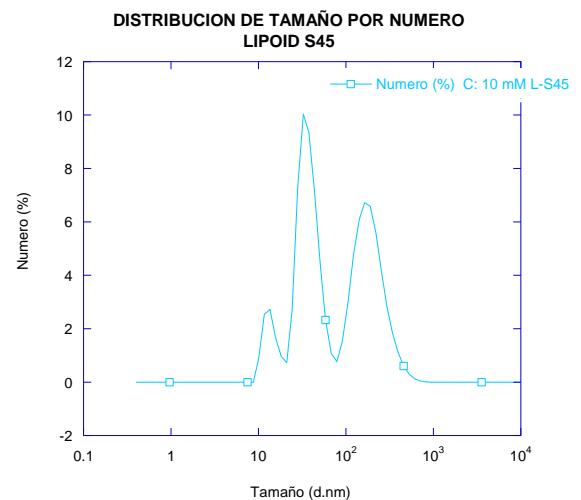


Figura 4. Distribución de tamaño de partícula por intensidad para LIPOID S45

Trabajo a futuro

La realización de este estudio fue con la finalidad de encontrar condiciones de fabricación de liposomas ideales para su posterior recubrimiento con biopolímero quitosano mediante diferencia de potencial eléctrico.

Conclusiones

La producción de liposomas mediante el método inyección de etanol es escalable y de bajo costo, sin embargo la naturaleza del lípido objeto de estudio proporciona de manera más certera las condiciones de trabajo, como concentración lipídica en la fase orgánica, velocidad de agitación, flujo de inyección la temperatura de transición de fase etc. Los tamaños de partícula e índice de polidispersidad presentados en este estudio son aceptables para el encapsulamiento en el área alimenticia.

Agradecimientos

- Instituto tecnológico de Orizaba, Ver., México. Donde realizo Maestría en Ciencias en Ingeniería Química
- Universidad Estadual de Campinas, Brasil. Donde fueron realizados todos los ensayos aquí presentados
- CONACYT por la beca de apoyo a esta investigación con N° de registro 18231823

Referencias

1. Lassic, D. "Novel application of liposomes". 1998. *Elsevier Science Direct*. **16**(1):307-321
2. Porras, G., Villa, A., Molina, F., Sibaja, M., caballo, M., y S. 2008. "Vesículas Liposomales estabilizadas con quitosano: estudio reológico". *Revista Iberoamericana de Polímeros*, **9**(6):538-548.
3. Charcosset, C., Juban, A., Valour, J., Urbanik, S. 2015 "Preparation of liposomes at large scale using the ethanol injection method: Effect of scale-up and injection" *Chemical engineering Research and Design*, **94**(1):508-515
4. Huang, G.Q., Xiao, S.Q., Qiu, H.W. 2015 "Rheological properties of O-Carboxymethyl chitosan-gum Arabic coacervates as a function of coacervation pH". *Food hydrocolloids*. **43** (1) :436-441

Determinación de glucovainillina y fenoles volátiles en frutos de *Vanilla planifolia* de la región de la Chinantla

María Esther Alonso Palacios¹, Araceli Pérez Silva^{1*}, Jesús Rodríguez Miranda¹, Fabiola B. Tavares González¹, Ernestina Paz Gamboa¹.

¹Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Av. Víctor Bravo Ahuja s/n, C.P. 68350, Col. 5 de Mayo, Tuxtepec, Oaxaca.

*apsilva30@hotmail.com.

Resumen

Se recolectaron vainas verdes de *Vanilla planifolia* en cuatro localidades de la región de la Chinantla. Las vainas fueron clasificadas en lotes en base a su longitud (cm). Una muestra de vainas verdes de cada lote fue sometida a un análisis del contenido de glucovainillina por HPLC, el resto de las vainas fueron sometidas a un beneficiado tradicional. A las vainas beneficiadas se les determinó el contenido de vainillina, p-hidroxibenzaldehído, ácido vainíllinico y ácido p-hidroxibenzoico por HPLC. El contenido de glucovainillina de los frutos provenientes de las cuatro localidades estudiadas fue mayor a 6 g/100 g ms y los contenidos de los cuatro fenoles volátiles mayoritarios en las vainas beneficiadas oscilaron entre 1.69 - 6.53, 0.06 - 1.16, 0.19 - 1.28 y 0.05 - 0.18 g/100 g ms, para la vainillina, p-hidroxibenzaldehído, ácido vainíllinico y ácido p-hidroxibenzoico, respectivamente. Estos resultados mostraron que los frutos provenientes de las plantaciones de las localidades de la región de la Chinantla poseen un alto potencial aromático.

Palabras clave: *Vanilla planifolia*, Glucovainillina, fenoles volátiles, potencial aromático.

Abstract

Vanilla planifolia green pods were collected in four locations of the region Chinantla. The beans were classified into batches based on their length (cm). A sample of green beans from each batch were subjected to analysis of the content of glucovainillina by HPLC, the rest of the beans were subjected traditional curing process. The cured vanilla beans were determined of the content vanillin, p-hydroxybenzaldehyde, vanillic acid and p-hydroxybenzoic acid by HPLC. Glucovainillina content of the fruits from the four locations studied were higher than 6 g / 100 g dm and the contents of the four major volatiles phenols in the cured beans ranged between 1.69 and 6.53, 0.06 and 1.16, 0.19 and 1.28, 0.05 and 0.18 g/100 g dm to vanillin, p-hydroxybenzaldehyde, vanillic acid and p-hydroxybenzoic acid, respectively. These results showed that the fruit from plantations in the locations of the region Chinantla have a high aromatic potential.

Keywords: glucovanillin, volatiles phenols.

Introducción

El aroma "vainilla" es uno de los aromas más preferidos en la industria de los alimentos (Palama et al., 2009) su origen natural proviene del fruto de una orquídea del género *Vanilla*. Dentro de este género se conocen cerca de 110 especies, siendo la de mayor importancia económica la *Vanilla planifolia* var. G. Jackson (Soto-Arenas, 2003), debido a su mayor calidad y desarrollo del aroma es considerada un saborizante de gran importancia en el ámbito mundial y debido a sus

características odorantes, es utilizada en diversas industrias, principalmente la de alimentos. Sin embargo, en los frutos verdes están presentes los precursores aromáticos en forma de glucósidos, los cuales son los responsables de proporcionar el aroma (Pérez-Silva et al., 2011). Siendo la glucovainillina el principal precursor aromático de la vainilla. En las vainas de vainilla beneficiadas los fenoles volátiles mayoritarios son la vainillina, el *p*-hidroxibenzaldehído, el ácido vainillínico y el ácido *p*-hidroxibenzoico.

En el estado de Oaxaca, la región de la Chinantla es una zona muy fértil donde se encuentra una amplia diversidad genética del género *Vanilla*, por lo tanto se considera como un importante centro de diversidad de vainilla (Soto-Arenas, 2003). Estas plantaciones silvestres pueden ser una excelente alternativa para el mejoramiento genético de las plantaciones de vainilla domesticadas. Sin embargo, hasta ahora no existe conocimiento científico del potencial aromático de los frutos provenientes de las plantaciones silvestres de *V. planifolia* endémicas de la región de la Chinantla. Por lo cual, el objetivo de este proyecto fue determinar el contenido de glucovainillina y el perfil aromático de los frutos provenientes de plantaciones silvestres de *Vanilla planifolia*.

Materiales y métodos

Recolección y clasificación de la materia prima (vainilla)

La vainilla (*V. planifolia*) fue recolectada en la región de la Chinantla Oaxaqueña en las comunidades de Emiliano Zapata, donde se obtuvo materia prima de tres parcelas de los cuales en la Parcela 1 de la localidad de Emiliano Zapata su polinización o fecundación se realizó de forma manual, mientras que la vainilla de la Parcela 2 y la Parcela 3 su polinización se realizó de forma natural. Otras comunidades donde también se realizó la recolección de materia prima fueron Cerro Armadillo Grande (CA), Cerro Camarón (CC) y la localidad de Tuxtepec (Tux), cabe mencionar que en estas vainas la polinización se realizó de forma manual. Se recolectaron aproximadamente 2.5 kg (250 vainas) por parcelas.

Las vainas verdes recolectadas fueron clasificadas de acuerdo a su longitud (cm) en 3 diferentes lotes: lote C1 (de 16-22 cm), lote C2 (de 13–15 cm) y lote C3 (≤ 12).

Determinación de humedad

Se pesaron 5 g de la vainilla (verdes o beneficiadas), las muestras fueron depositadas en una estufa de secado a 110 °C durante 24 h. Los análisis se realizaron por triplicado.

Beneficiado

El proceso de beneficiado se realizó de manera tradicional, iniciando con la colocación las vainas en bolsas de polietileno para llevar a cabo el marchitamiento exponiéndolas directamente al sol durante un periodo de 4 a 5 horas (3 días), en la etapa de sudado se utilizó una colcha de algodón para cubrir las vainas inmediatamente después de la exposición en el sol para ser depositadas en el cajón sudador (caja de madera), posteriormente durante la etapa de secado las vainas fueron expuestas directamente al sol por un periodo de 4 a 5 horas, el sudado y el secado al sol se llevó a cabo de manera alternada, 60 veces durante 90 días. Finalmente el acondicionamiento se realizó durante 60 días, cubriendo las vainas con manta manteniéndolas a temperatura ambiente y oreándolas periódicamente. El beneficiado tuvo una duración aproximada de cinco meses (diciembre 2013-mayo 2014).

Cuantificación de glucovainillina y principales fenoles volátiles por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC)

La determinación de la glucovainillina y de los principales fenoles volátiles (vainillina, p-hidroxibenzaldehído, ácido vainíllinico y ácido p-hidroxibenzoico), se realizó mediante una extracción en baño ultrasónico y fue analizado por HPLC. 300 mg de polvo de vainilla, los cuales fueron extraídos con 50 mL de una mezcla de solventes metanol-ácido fosfórico 0.2 M (30%-70%), la mezcla fue sometida a efectos ultrasónicos a temperatura ambiente con una frecuencia de 34 Khz durante 2 minutos, los extractos fueron pasados a través de un filtro de 120 mm y 0.45 μm de diámetro (Pérez-Silva et al., 2011). Cada extracción fue realizada por triplicado, posteriormente fueron analizadas en un HPLC, con un detector UV a una longitud de onda de 254 nm. El volumen de inyección fue de 20 μL , se utilizó una columna Agilent XDB-C18, la temperatura de la columna fue de 40 °C. La fase móvil utilizada fue una mezcla de agua acidificada 90% y etanol 10% ambos grado HPLC a una velocidad de flujo de 1.5 mL/min. La cuantificación se realizó mediante una curva estándar de cada compuesto analizado, las concentraciones evaluadas fueron 10, 25, 50, 75 y 100 mg/100 mL.

Resultados y discusión

Contenido de humedad

El contenido de humedad en las vainas verdes recolectadas en algunas localidades de la región de la Chinantla, clasificadas como C1 los contenidos encontrados fueron de 83-85% de humedad, con respecto a las vainas clasificadas como C2 los contenidos de humedad encontrados fueron de 80-85%, mientras que en la clasificación C3 los contenidos encontrados fueron de 84.82% y 87.60%. Por lo tanto en la Tabla 1 se observan los contenidos de humedad antes mencionados encontrados en las vainas verdes de la región de la Chinantla los cuales presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Las vainas que presentaron un contenido de humedad superior al 85%, probablemente fue debido a su madurez, lo cual está relacionado con la temporada de la floración (marzo a mayo), de tal manera que la polinización de las flores en la misma planta no se llevó a cabo de manera uniforme, lo que significa que las vainas cosechadas presentaron diferentes etapas de madurez, ya que durante la cosecha se recolectaron todas las vainas (tiernas y maduras) de la planta.

En las vainas beneficiadas clasificadas como C1 el contenido de humedad fue de 33.73%. Dicho comportamiento fue similar en las vainas clasificadas como C2. Sin embargo, las vainas C3 presentaron los contenidos de humedad más bajos (12.06%).

Contenido de glucovainillina y principales fenoles volátiles

El contenido de glucovainillina en las cuatro localidades de la región de la Chinantla que se encontraron fueron mayores a 10 g/100 g ms, excepto en las muestras que se clasificaron como C3, obtenidas en la Parcela 3 de Emiliano Zapata, la cual presentó 6.11 g/100 g ms. Sin embargo, las vainas de la plantación de la Parcela 2 (en la misma localidad) clasificadas como C1 presentaron el mayor contenido de glucovainillina (19.84 g/100 ms), como se observó en la tabla 1.

De acuerdo a los resultados obtenidos y a los reportados por Palama et al. (2009), la edad de las vainas al momento de ser cosechadas es crucial para un alto contenido de glucovainillina. En el caso de las vainas del lote C3 de la Parcela 3 de Emiliano Zapata, donde se detectó el contenido de glucovainillina más bajo (6.11%), estas por el contenido de humedad (87.6%) y su tamaño (≥ 12) indican que su madurez no era la óptima para ser cosechadas. Mientras tanto los frutos C1 de la misma parcela presentaron un mayor contenido de glucovainillina (12.25%) y un contenido de humedad de 85.8%.

La vainilla que se recolectó en la Parcela 3 de Emiliano Zapata, su polinización fue natural (por insectos), por lo tanto se desconoció completamente su periodo de polinización. Sin embargo, en las localidades de Tuxtepec y Cerro Camarón los productores polinizaron ellos mismos la mayor parte de sus flores en los meses de marzo y abril, teniendo un mejor control y cosechando entre los 8 y 9 meses después de la polinización. Realizar la polinización de forma manual, permite conocer el tiempo de desarrollo de la vaina y así poder cosechar seleccionando y recogiendo cada día sólo los frutos que llegaron a su madurez (cuando la punta distal de la vaina cambia de verde a amarillo), es decir una cosecha escalonada es aconsejable, tal como se realiza en algunas partes de la Polinesia e Isla de la Reunión; ya que esto permite mejorar cualidades aromáticas de la vainilla. Por lo tanto lo recomendable es no cosechar todas las vainas en un mismo día, ya que la madurez en una misma planta puede ser muy variable, porque no se polinizan todas las vainas el mismo día.

Las plantaciones de las localidades de la región de la Chinantla presentaron en general un alto potencial aromático, aunque presentaron diferencias estadísticamente significativas. El contenido de glucovainillina más bajo encontrado (6.11 g/100 g ms) en las vainas producidas en la región fue superior al reportado por Odoux et al. (2006), quienes encontraron concentraciones de glucovainillina en vaina verde de 5.3 g/100 g ms en las vainas verdes provenientes de Madagascar. Esto muestra que en la Chinantla se encuentran plantas que pueden producir frutos con un elevado potencial aromático.

Con respecto a los principales fenoles volátiles el contenido de ácido vainillínico fue de 0.19-1.28 g/100 g ms, el ácido vainillínico tiene un origen glucosídico, por lo tanto su presencia se debe principalmente a su hidrólisis durante la primera etapa del beneficiado. Aunque ha sido reportado que también se forma por la oxidación de la vainillina, la cual puede ser por vía enzimática (Gassenmeir, 2003) o bien por una oxidación química (Hernández-Ramos, 2009). Mientras que el *p*-hidroxibenzaldehído los contenidos encontrados fueron de 0.06-1.16 g/100 g ms, en las vainas verdes el *p*-hidroxibenzaldehído se encuentra en forma glucosilada (Kanisawa, 1993). El cual es también hidrolizado durante el proceso de beneficiado, o bien puede producirse por reducción del *p*-hidroxibenzil alcohol presente en las vainas. Su evolución durante el beneficiado ha sido evidenciada (Pérez-Silva et al., 2011), sus niveles pueden disminuir debido a una oxidación, lo cual puede generar ácido *p*-hidroxibenzoico (John y Jamin. 2004). Por otro lado, los contenidos de ácido *p*-hidroxibenzoico fueron de 0.05-0.18 g/100 g ms, de tal manera que los contenidos encontrados de este compuesto probablemente se generaron fácilmente a través de la oxidación del *p*-hidroxibenzaldehído. Entre los principales fenoles volátiles de la vainilla, este compuesto es el de menor impacto aromático. Finalmente los contenidos de vainillina encontrados fueron de 1.69-6.53 g/100 g ms por lo tanto como se apreció en la Tabla 1 los contenidos de vainillina mostraron diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, gran parte de los lotes de las localidades de la región de la Chinantla los contenidos de vainillina encontrados fueron mayor a 2 g/100 g ms, por lo tanto dichas vainas podrían considerarse como gourmet debido a los altos contenidos de vainillina, de acuerdo a lo establecido en la Norma Mexicana NMX-FF-074-2009.

Sin embargo, comparando los contenidos obtenidos durante esta investigación de vainilla con los de glucovainillina, se puede observar una pérdida $\geq 50\%$ de vainillina como se aprecia en la figura 1, donde los valores de ésta pérdida van desde un 2.9% hasta un 58.5%. Este resultado se debe probablemente por una degradación de la vainillina por una vía enzimática, debido a las polifenoloxidasas y peroxidasas (Anklam et al., 1997; Gassenmeir, 2003) que contribuyen a la formación del ácido vainílico y a la dimerización de la vainillina (Gatfield, 2006), o bien por una vía química (Gatfield et al., 2007, Hernández-Ramos, 2009). Esta última ha sido ya evidenciada, la degradación química de la vainillina con lleva a la formación de divainillina, el diguayacol y el ácido vainílico (Hernández-Ramos, 2009). Por lo tanto, la degradación química de la vainillina pudiera considerarse como un factor positivo, ya que puede contribuir a la generación de nuevos compuestos aromáticos, particularmente si se generan compuestos de mayor impacto aromático como la divainillina.

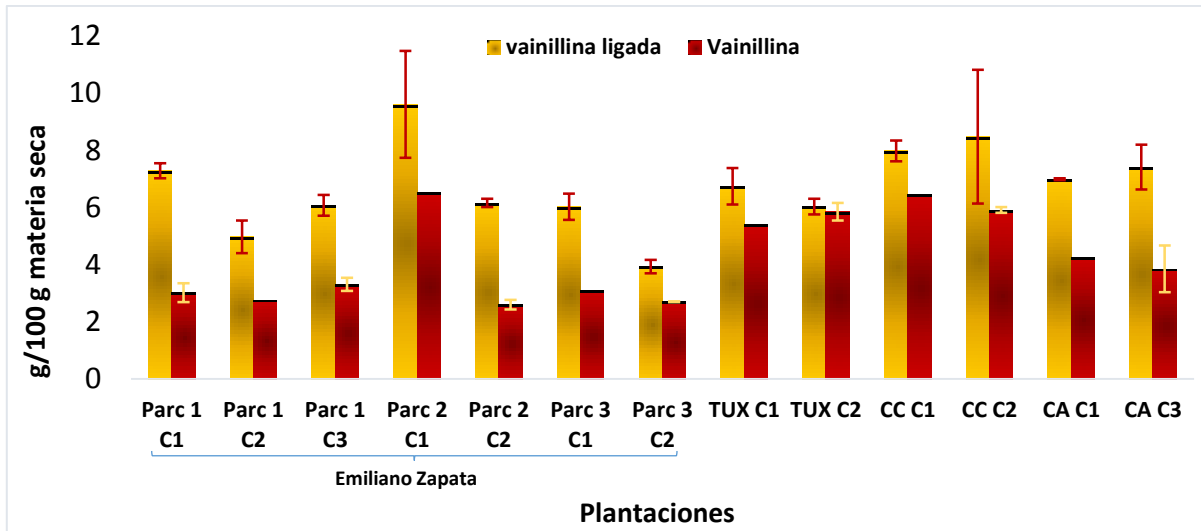


Figura 1. Relación entre vainillina libre y vainillina ligada.

Conclusiones

Las plantaciones de vainilla productoras de los frutos con el mayor potencial aromático, son una alternativa para el mejoramiento genético en el cultivo de *Vanilla planifolia*, asimismo generar un mayor valor agregado, con el objetivo de preservar la vainilla endémica de la Chinantla.

Tabla 1. Contenido de humedad, glucovainillina y vainillina en vainilla de la región de la Chinantla.

Origen	Forma de Polinización	Codificación	Clasificación	Vainas Verdes		Vainas Beneficiadas	
				Humedad (%)	Glucovainillina (g/100 g m.s.)	Humedad (%)	Vainillina (g/100 g m.s.)
Emiliano Zapata	Manual	Parcela 1	C1	84.82 ± 0.35 ^{d,e}	15.04 ± 0.54 ^{f,g}	35.32 ± 2.02 ^{h,j}	3.02 ± 0.32 ^{c,d}
			C2	83.99 ± 0.29 ^{b,c,d}	10.27 ± 1.17 ^{b,c}	29.64 ± 0.88 ^{e,f,g}	2.76 ± 0.23 ^{b,c,d}
			C3	87.12 ± 1.35 ^f	12.55 ± 0.74 ^{c,d,e,f}	30.28 ± 1.36 ^{e,f,g,i}	3.31 ± 0.16 ^{d,e}
	Natural	Parcela 2	C1	84.89 ± 0.74 ^{d,e}	19.84 ± 3.86 ^h	34.02 ± 1.28 ^{g,h,i,j}	6.53 ± 0.22 ^j
			C2	80.15 ± 0.35 ^a	12.71 ± 0.30 ^{c,d,e,f}	32.51 ± 0.64 ^{f,g,h,i,j}	2.59 ± 0.31 ^{b,c}
			C3	85.80 ± 0.12 ^{e,f}	12.44 ± 0.94 ^{c,d,e,f}	37.81 ± 0.95 ^j	2.25 ± 0.31 ^{a,b}
Natural	Parcela 3	C1	87.60 ± 1.07 ^g	6.11 ± 0.47 ^a	12.06 ± 0.40 ^a	1.69 ± 0.04 ^a	
		C2					
		C3					
Tuxtepec	Manual	TUX	C1	84.14 ± 0.78 ^{b,c,d}	13.92 ± 1.31 ^{d,e,f,g}	25.81 ± 0.44 ^{c,d,e}	5.41 ± 0.3 ^g
			C2	84.52 ± 0.74 ^{c,d}	12.46 ± 0.45 ^{c,d,e,f}	27.07 ± 0.75 ^{d,e,f}	5.85 ± 0.1 ^{g,h}
			C3	84.82 ± 0.43 ^{d,e}	10.73 ± 0.67 ^{b,c,d}	30.75 ± 0.01 ^{e,f,g,h,i}	6.05 ± 0.81 ^{h,i,j}
Cerro Armadillo	Manual	CA	C1	88.26 ± 0.06 ^g	14.42 ± 0.06 ^{e,f,g}	31.56 ± 0.49 ^{e,f,g,h,i,j}	4.26 ± 0.4 ^f
			C2	85.99 ± 0.13 ^f	12.50 ± 0.2 ^{c,d,e,t}	15.17 ± 0.5 ^{bc}	3.85 ± 0.05 ^{e,t}
Cerro Camarón	Manual	CC	C1	83.41 ± 0.51 ^b	16.49 ± 0.75 ^{g,h}	35.67 ± 0.87 ^{h,j}	6.46 ± 0.35 ^{i,j}
			C2	83.64 ± 0.78 ^{b,c}	17.50 ± 4.83 ^{e,t,g}	35.56 ± 2.06 ^{h,i,j}	5.91 ± 0.51 ^{g,h,i}

Promedio de tres replicas, ± desviación estándar, donde letras iguales por columna indican que no existe diferencia estadística significativa

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento otorgado para esta investigación a La Coordinadora Nacional de Fundaciones Produce, A.C. (COFUPRO, A.C.) y al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI-SNICS-SAGARPA). Así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada al estudiante de Maestría formado.

Referencias

1. Anklam, E., Gaglione, S. y Muller, A. (1997). Oxidation behavior of vanillin in dairy products. *Food Chemistry*. 60(1), 43-51.
2. Gassenmeier, K. (2003). Vanillin and xanthinoxidase key factors for the generation of a cardboard off-note in vanilla ice cream. *Swiss society of Food Science and technology*. 36: 99-103.
3. Gatfield, I., Reiss, I., Krammer, G., Schmidt, C. O., Kindel, G., & Bertram, H. J. (2006). Novel taste-active component of fermented vanilla beans. *Perfumer & Flavorist*, 31, 18–20.
4. Gatfield, I., Hilmer, M., Weber, B., Hammerschmidt, F., Reib, I., Bertram, J. (2007). Chemical and biochemical changes occurring during the traditional Madagascar vanilla curing process. *Perfumer & flavorist*. 32: 21-28.
5. Hernández, Ramos D., (2009). Estudio de la degradación química de la vainillina. Tesis de maestría. Instituto Tecnológico de Tuxtepec.
6. John, T. V., Jamin E., (2004). Chemical Investigation and Authenticity of Indian Vanilla Beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52, 7644-7650
7. Kanisawa, T. (1993). Flavor development in Vanilla beans. *Kouryou*, 180(5), 113–123.
8. NORMA MEXICANA NMX-074-SCFI-2009, PRODUCTOS NO INDUSTRIALIZADOS PARA USO HUMANO – VAINILLA - (*Vanilla fragrans* (Salisbury) Ames – ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA. Estados Unidos Mexicanos
9. Odoux, E., Escoute, J y Verdeil, J.L. (2006). The relation between glucovanillin, β -D-glucosidase activity and cellular compartmentation during the senescence, freezing and traditional curing of vanilla beans. *Annals. Of Applied Biology*. 149, 43-52
10. Palama, T. L., Khatib, A., Choi, Y. H., Payet, B., Fock, I., Verpoorte, R., et al. (2009). Metabolic changes in different developmental stages of *Vanilla planifolia* pods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 7651–7658.
11. Perez-Silva, A., Gunata, Z., Lepoutre, J. P., Odoux, E. (2011). New insight on the genesis of odor active compounds in vanilla beans (*Vanilla planifolia* G. Jackson) during traditional curing. *Food Research International*. 44: 2930-2937.
12. Soto-Arenas M.A. (2003). Vanilla, in: Pridgeon A.M., Cribb P.J., Chase M.W., Ramunsen F.N. (Eds.), *Genera Orchidacearum*, Oxford Univ. Press, UK, pp. 321–334.

Extracción e identificación de metabolitos secundarios en extracto hexánico de propóleos

D. Hernández Romero¹, E. Sánchez Pavón¹, J. Calderón Pardo², R. Colorado Peralta¹, M. E. Márquez López*¹

¹LADISER Química Orgánica y Biotecnología, Facultad de Químicas, Universidad Veracruzana, Prolongación de Oriente 6 No. 1009, C.P.94340, Orizaba Ver., Méx

²Instituto de Química, Universidad nacional Autónoma de México (UNAM) Circuito exterior s/n Ciudad Universitaria. Coyoacán CP 04510. D.F México.

elmarquez@uv.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

El propóleos es una resina cerosa que las abejas elaboran a partir de exudados y resinas de árboles, plantas y flores, por lo que su composición química es compleja y depende de la flora presente en el área de recolección, lo utilizan en la construcción, reparación y protección de la colmena. En el presente trabajo se aislaron e identificaron algunos metabolitos secundarios a partir de propóleos colectado cerca de Angangueo, estado de Michoacán, empleando una cromatografía en columna por gravedad (CCG) del extracto hexánico y monitoreada por medio de cromatografía en capa fina (CCF). Los compuestos obtenidos fueron purificados mediante técnicas de cromatografía en placa preparativa y fueron identificados como 13-epi-torulósol, y el succinato de 13-epi-torulósol. Los derivados semisintéticos que se obtuvieron fueron el acetato de 13-epi-torulósol y el ester metílico del succinato de 13-epi-torulósol. Los compuestos obtenidos se caracterizaron mediante técnicas de RMN ¹H y ¹³C.

Palabras clave: Propóleos, metabolito secundario, cromatografía.

Abstract

The propoleos is a waxen resin that the bees prepare from exudados and resins of trees, plants and flowers, therefore its chemical composition that is complex and depends on the present flora in the field of compilation, they use it in the construction, repair and protection of the beehive. In the present work were isolated and identified some secondary metabolites of propoleos collected near Angangueo, Michoacan, by gravity column chromatography (GCC) and the hexane extract was monitored by thin layer chromatography (TLC) was performed. The obtained compounds were purified by preparative plate chromatography techniques and were identified as 13-epi-torulósol and 13-epi-torulósol succinate. The semisynthetic derivatives obtained were 13-epi-torulósol acetate and 13-epi-torulósol succinate methyl ester. The obtained compounds were characterized by techniques of ¹H and ¹³C NMR.

Introducción

La palabra propóleos se deriva del griego pro (en defensa de) y polis (la ciudad), con la cual se designa a la sustancia que recubre la colmena o polis de las abejas y cumple funciones defensivas. El propóleos es una sustancia resinosa y altamente adhesiva, que es colectada, transformada y usada por las abejas para sellar los agujeros, fijar los panales de miel, pulir las paredes interiores y proteger la entrada contra los intrusos (Figura 1) [Burdock, 1998].

En el pasado, la mayoría de los apicultores consideraban el propóleos como un producto inútil y carente de valor; alejarlo de la colmena era un problema ya que además se debía efectuar cada año. Hace poco, este producto fue reconsiderado, debido al precio que se cotiza en el mercado.



Figura 1. Abeja recolectora "pecoreadora"

Composición química de propóleos

La composición del propóleos es bastante compleja y variada ya que depende de la flora y de las condiciones geográficas y climáticas donde se elabora el producto. Las abejas recolectan las resinas en un perímetro de 1-2 Km alrededor de la colmena y su composición dependerá de la vegetación circundante y de la preferencia de la abeja por un determinado tipo de flores, según su color, aroma, forma y floración [Bankova y col., 2002].

En estudios anteriores se han aislado más de 180 compuestos de los cuales se ha obtenido la composición promedio que se muestra en la Tabla 1. Los compuestos que han resultado con actividad biológica son los flavonoides que incluyen flavonas, flavonoles, flavononas y flavononoles [Yang y col., 2011].

Tabla 1. Composición promedio de propóleos

Composición	(%)	Compuestos, características y observaciones
Resinas	45 – 55	Flavonoides, ácidos fenólicos y ésteres
Ceras	7.55 – 35	En su mayoría cera de abeja, también de origen vegetal
Aceites esenciales	5-10	Terpenos Volátiles
Ácidos grasos	5	La mayoría proceden de la cera y el resto dependen del origen botánico
Polen	5	Proteínas del polen y aminoácidos libres. Predomina la prolina.
Otros compuestos orgánicos y minerales	5	14 oligoelementos Fe y Zn son los más abundantes otros: Au, Ag, Cs, Hg, K, Sb. Cetonas, lactonas, quinonas, esteroides, Ácido benzoico ésteres. Vitaminas: B1, B2, B3, B6. Pequeñas cantidades procedentes principalmente del polen, azúcares

Actualmente es aceptado y químicamente demostrado que en zonas templadas como Europa, Norte América y regiones no tropicales de Asia, la principal fuente del propóleos son los exudados de los brotes de las especies *Populus* y sus híbridos. Las investigaciones realizadas sobre la composición química de propóleos recolectado en diferentes regiones, tales como Bulgaria, España, Francia, Gran Bretaña, Hungría y México, revelan que el origen de estos es el mismo, y que su fuente principal son las secreciones de los álamos negros (*Populus nigra*) [Bankova y col., 2000, Hegazi y col., 2000].

En las zonas tropicales donde no se encuentran álamos ni abedules, las abejas encuentran disponibles una gran variedad de plantas. Las especies reconocidas en éstas zonas como la mayor fuente de exudados son *Clusia*

spp., *Araucaria heterophylla*, y *Baccharis spp.* Los propóleos de zonas tropicales están compuestos principalmente por ácidos p-cumáricos prenilados, acetofenonas, lignanos, di y triterpenos [Bankova 2000].

Propiedades y actividad biológica

El propóleos es un producto de extraordinario interés para la medicina e industria farmacéutica, al que se atribuyen efectos como antibacteriano, antiviral, antifúngico, anticancerígeno, antioxidante, cicatrizante, inmunestimulante, anestésico, analgésico, entre otras. [Farré y col., 2004; Kumar y col., 2008; Palomino y col., 2010; Pineda y col., 2010; Valencia y col., 2012]. Los flavonoides (quercetina, apigenina, galangina, etc.) y los ácidos fenólicos (cafeico, isoferúlico, cinámico y benzoico), además de ser tóxicos para las levaduras, inhiben la actividad enzimática de la hialuronidasa y el ácido cafeico y la actividad de la dihidrofolato reductasa, lo cual podría explicar la similitud entre algunos de sus efectos y los de algunos antiinflamatorios no esteroideos [Strehl y col., 1994; Bariliak y col., 1996; Miyataka y col., 1997].

Al estudiar la actividad antibacteriana (*Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*), antifúngica (*Candida albicans*) y antiviral (*Avia influenza*) de propóleos de diferente origen geográfico, se comprueba que todos son activos frente a hongos y cepas bacterianas Gram. (+) y muchas de ellas, también frente al virus de la influenza. En las muestras procedentes de zonas templadas esta actividad se atribuye a sus contenidos en ésteres y ácidos fenólicos, componentes de los que carecen los propóleos de origen tropical que, sin embargo, muestran una actividad similar por su contenido en derivados carbono prenilados del ácido p-cumárico [Kujumgiev A y col., 1999].

Por otra parte debido a la naturaleza antioxidante del propóleos resulta como una alternativa en la industria alimentaria para ayudar en la estabilidad de los alimentos [Vargas y col., 2013].

Debido a que la composición del propóleos varía de acuerdo a la zona de la cual se obtiene, el presente trabajo tiene como finalidad contribuir al conocimiento químico y enriquecer la información sobre propóleos realizando un estudio fitoquímico de muestras colectadas en la sierra madre oriental cerca de Angangueo, estado de Michoacán. Para lo cual se realizó el aislamiento e identificación de algunos de sus metabolitos secundarios y derivados semisintéticos a través de reacciones de acetilación y metilación con diazometano.

Metodología

Materiales

Para el aislamiento y purificación de los metabolitos secundarios presentes en el propóleos reportado en este trabajo se utilizó cromatografía en columna por gravedad (CCG) con sílica gel (230/400 mesh), la cromatografía en capa fina preparativa (CCFP) se realizó en cromatoplasmas de vidrio ALUGRAM de 20x20 cm sílica 100 G/UV254 de 1.0 mm de espesor. Como métodos de revelado se utilizó luz ultravioleta emitida de una lámpara portátil modelo MODER-UVLS-26 con longitud de onda de 254 nm y posteriormente se empleó como agente cromogénico una solución de 12 gr de sulfato cérico amoniacal y 22 mL de ácido sulfúrico. Los espectros de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) de ¹H y ¹³C, fueron determinados en un espectrómetro Bruker-Avance de 400 MHz.

Obtención de los extractos

El propóleos que se utilizó para realizar el presente trabajo se recolectó cerca de Angangueo, estado de Michoacán. El propóleos fue obtenido a través de la técnica de raspado de la colmena. La cantidad que se obtuvo de la muestra fue de 20.15 g, el aspecto que presentaba era color café oscuro, olor dulce, textura sólida y chiclosa con restos orgánicos, (abejas muertas, huevecillos, palos, etc). La muestra fue desmenuzada y colocada en un matraz elermeyer de 500 ml y se le agregaron 300 ml de hexano, se agitó suavemente durante 90 min a baño maría, esperando a que se disolviera completamente el propóleos, para posteriormente filtrarlo con una gasa para eliminar todo tipo de basura. Posteriormente se volvió a filtrar con papel Whatman a alto vacío para seguir eliminando las partículas que aún quedaban.

El filtrado se colocó en un matraz balón de 500 ml para eliminar el disolvente en el rotavapor, el residuo obtenido se secó con una bomba de alto vacío obteniendo 7.54 g de peso.

Cromatografía en columna del extracto de hexano de propóleos

A 7.54 g de extracto hexánico de propóleos se le realizó la purificación por cromatografía en columna por gravedad (CCG). La columna fue eluida con mezclas de hexano-Acetato de etilo incrementando el porcentaje de acetato de etilo. Se obtuvieron 110 fracciones de 150 ml cada una, las cuales fueron monitoreadas por medio de cromatografía de capa fina (CCF).

Aislamiento de 13-epi-toruloso

Las fracciones 46-51 fueron reunidas obteniéndose 290 mg, los cuales se purificaron en 2 cromatoplasmas preparativas, en cada cromatoplasma se utilizaron 72.5 mg de muestra y se eluyó con una mezcla de Hexano-AcOEt 7:3 obteniéndose de la 1ª placa 46.2 mg de 13-epi-turuloso puro y de la 2ª placa 39.6 mg, los cuales se enviaron a RMN ^1H y ^{13}C .

Aislamiento del Succinato del 13-epi-toruloso

Las fracciones 102-110 obtenidas de la cromatografía en columna por gravedad (CCG) pesaron 51.7 mg. La comparación de estas fracciones por medio de cromatografía en placa fina con una muestra del Succinato del 13-epi-toruloso previamente obtenido, permitió la identificación del Succinato del 13-epi-toruloso en estas fracciones los cuales se enviaron a RMN ^1H y ^{13}C .

Metodología para la obtención de derivados semisintéticos

Procedimiento para la acetilación del 13-epi-toruloso

De la fracción del 13-epi-toruloso se pesaron 224 mg y se disolvieron en 1 mL de piridina, se le adicionó 1.0 mL de anhídrido acético y la mezcla de reacción se dejó en reposo durante 3 horas, al finalizar este tiempo se tomó una cromatoplasma la cual fue eluida con una mezcla de Hexano-AcOEt 7:3, mostrando la formación de dos compuestos. El exceso de reactivos se eliminó en una bomba de vacío. Se purificaron 75 mg de la mezcla de la reacción en 1 placa de 10x20 cm y 1.0 mm de espesor y se eluyó con una mezcla Hexano-AcOEt 7:3 obteniéndose de esta purificación 34.6 mg, los cuales se enviaron a RMN ^1H y ^{13}C .

Procedimiento para la esterificación del Succinato de 13-epi-toruloso

De la fracción del succinato de 13-epi-toruloso se pesaron 51.7 mg y se disolvieron en 10 mL de éter etílico, se adicionó 4 mL de una solución de diazometano. La mezcla de reacción se agitó a temperatura ambiente y se monitoreó por CCF hasta la desaparición del Succinato. La mezcla de reacción se llevó a sequedad en rotavapor.

Resultados y discusión

Del extracto en hexano del propóleos se obtuvieron 2 diterpenos, de los cuales al 13-epi-toruloso se le realizó una reacción de acetilación y al succinato de 13-epiturolosol una esterificación, obteniendo los derivados semisintéticos correspondientes.

Aislamiento de 13-epi-toruloso

Se obtuvo el primer producto de las fracciones 46-51 resultando ser un sólido blanco translucido, el cual primero se identificó por medio de cromatografía en capa fina (CCF) y al purificar se logró elucidar su estructura con apoyo de RMN de ^1H y ^{13}C , como un compuesto diterpenoide denominado 13-epiturolosol (Figura 2).

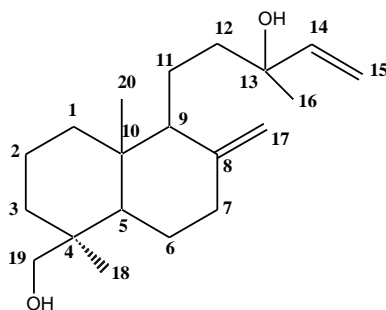


Figura 2. Estructura del 13-Epiturolosol

En el espectro de RMN de protón se observan a campo bajo de 4.5-5.9 ppm las señales características de los dobles enlaces que tiene el 13-epiturolosol y a campo alto están todas las señales del resto de los protones. En el espectro total de ^{13}C se observaron 20 señales las cuales corresponden a 20 átomos de carbono, confirmando la naturaleza diterpenica del 13-epi-torulosol.

Aislamiento del Succinato de 13-epi-torulosol

De las fracciones 102-110 de la cromatografía del extracto hexánico se aisló un sólido amarillo claro, el cual se identificó por medio de cromatografía en capa fina (CCF) y al purificarlo se obtuvo un compuesto que al elucidar la estructura con RMN ^1H se identificó como el diterpeno Succinato de 13-epiturolosol (Figura 3).

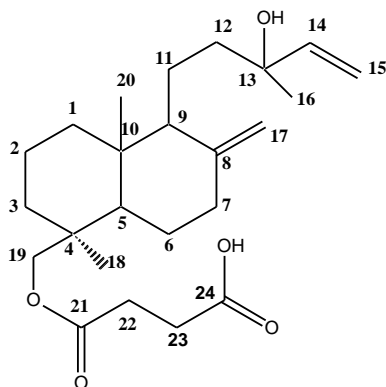


Figura 3. Estructura del Succinato del 13-Epiturolosol

Por RMN de ^1H además de las señales del 13 epiturolosol se identificó un múltiplete en la zona entre 2.6-2.68 el cual corresponde a los protones de la posición 22 y 23 respectivamente.

Derivados semisintéticos

Con el 13-epiturolosol y el succinato de 13-epiturolosol que se aislaron se realizaron las reacciones de acetilación y esterificación respectivamente.

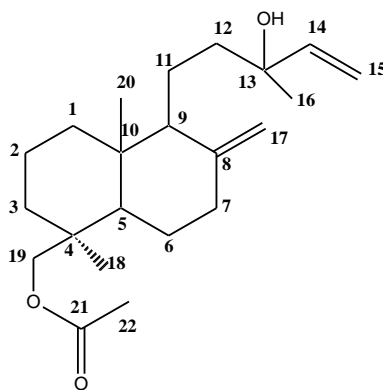


Figura 4. Estructura del Acetato del 13-Epiturolosol

La acetilación del 13-epiturolosol se hizo con anhídrido acético en presencia de piridina, después de 3 h de reacción por cromatografía de capa fina se observó la formación de dos compuestos menos polares, por lo cual se procedió a purificar, obteniendo el producto deseado (Figura 4). Por RMN de ^1H se observó en 2.05 ppm la señal característica del metilo 22.

La esterificación del succinato del 13-epiturolosol (Figura 5) se realizó con diazometano a temperatura ambiente hasta la completa desaparición por cromatografía de capa fina del producto de partida. Finalmente el producto se obtuvo y por RMN de protón se observa la señal característica del metilo del ester en 3.6 ppm.

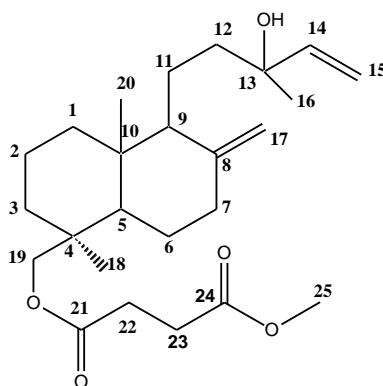


Figura 5. Estructura del Ester del Succinato de 13-Epiturolosol

La obtención de los derivados semisintéticos permitió confirmar de manera inequívoca los metabolitos aislados del propóleos. Con lo cual se contribuye a la identificación de los derivados terpéticos que se encuentran en el propóleos como parte esencial de su composición.

Trabajo a futuro

En trabajos futuros se pretende identificar los metabolitos presentes en el propóleos aislado con disolventes polares lo cual permitirá aislar otro tipo de metabolitos que no sean de naturaleza terpénica. Por otra parte se estudiará la capacidad antioxidante, así como la actividad antimicrobiana y antiparasitaria en extractos de propóleos extraídos con disolventes de diferente polaridad, además de identificar las características fisicoquímicas del mismo y realizar la evaluación por HPLC de los extractos.

Conclusiones

Del propóleo recolectado en la zona de Anganguero, estado de Michoacán, se aislaron y elucidaron mediante técnicas espectroscópicas de resonancia magnética nuclear de protón y carbono 13, las estructuras de 2 metabolitos secundarios a partir del extracto hexánico de propóleos los cuales fueron determinados como 13-epitorulosol y Succinato de 13-epitorulosol. Finalmente con estos metabolitos se obtuvieron dos derivados semisintéticos identificados como acetato de 13-epi-torulosol y el ester metílico del succinato de 13-epitorulosol.

Referencias

1. Bariliak IR.; Berdyshev GD.; Dugan AM. (1996). The antimutagenic action of apiculture products. *Tsitol Genet*, **(30)**, 48-55.
2. Burdock, G. A. (1998). Review of the biological properties and toxicity of bee propolis (propolis). *Food and Chemical Toxicology*, **(36)**, 347- 363.
3. Bankova, V.; Popova. M.; Bogdanov, S.; Sabatini, A-G. (2002). Chemical composition of European propolis: expected and unexpected results. *Zeitschrift für Naturforschung*, **(57c)**, 530-533.
4. Bankova, V. S.; Castro, S. L. D.; Marcucci M. C. (2000). Propolis: recent advances in chemistry and plant origin. *Apidologie*, **(31)**, 3-15.
5. Farré, R.; Frassetto, I.; Sánchez, A. (2004). El propolis y la salud. *Ars Pharm*, **(45)**, 21-43
6. Hegazi A.; Abd El Hady F., Abd Allah F. (2000). Chemical composition and antimicrobial activity of European propolis. *Z. Naturforsch*, **(55)**, 70-75.
7. Kumar N.; Mueen-Ahmad KK.; Dang R.; Husain A. (2008). Antioxidant and antimicrobial activity of propolis from Tamil Nadu zone. *J. Med. Plants Res.* **(2)**, 361-364.
8. Kujumgiev A.; Tsvetkova I.; Serkedjieva Y.; Bankova V.; Christov R.; Popov S. (1999). Antibacterial, antifungal and antiviral activity of propolis of different geographic origin. *J Ethnopharmacol*, **(64)**, 235-240.
9. Miyataka H.; Nishiki M.; Matsumoto H.; Fujimoto T.; Matsuka M.; Satoh T. (1997). Evaluation of propolis. 1. Evaluation of Brazilian and Chinese propolis by enzymatic and physico-chemical methods. *Biol Pharm Bull*, **(20)**, 496-501.
10. Palomino GR.; Martínez GJ.; García PM.; Gil GJ.; Durango RD. (2010) Caracterización fisicoquímica y actividad antimicrobiana del propóleo en el Municipio de La Unión (Antioquia, Colombia). *Rev. Fac. Nac. Agric. Medellín*. **(63)**, 5373-5383.
11. Pineda J.; Pincipal J.; Barrios C.; Milla D.; Solano Y.; Gil E. (2010) Propiedad fungistática *in vitro* de propóleos sobre tres aislamientos de *Colletotrichum gloeosporioides*. *Zootecn. Trop.* **(28)**, 83-91.
12. Strehl E.; Volpert R.; Elstner EF. (1994). Biochemical activities of propolis extracts. III. Inhibition of dihydrofolate reductase. *Z Naturforsch C*, **(49)**, 39-43.
13. Valencia D.; Alday E.; Robles-Zepeda R.; Garibay-Escobar A.; Galvez-Ruiz JC.; Salas-Reyes M.; Jiménez-Estrada M.; Velazquez-Contreras E.; Hernandez J.; Velazquez C. (2012). Seasonal effect on chemical composition and biological activities of Sonoran propolis. *Food Chem.* **(131)**, 645-651.
14. Vargas S. R.D.; Torrescano U.G.R.; Sánchez E. A. (2013). El propóleo: conservador potencial para la industria alimentaria. *Interciencia*. **(38)**, 705-711.
15. Yang H.; Dong Y.; Du H.; Shi H.; Peng Y.; Li X. (2011). Antioxidant compounds from propolis collected in Anhui, China. *Molecules* **(16)**, 3444-3455.

Síntesis eficiente de complejos luminiscentes [H₂NMe₂]₃[Ln(pda)₃](Ln = Sm, Eu, Tb) mediante técnicas solvotérmicas.

A. G. Viveros Andrade¹, R. Peña Rodríguez², A. A. Morales Tapia², R. Colorado Peralta, J. M. Rivera Villanueva^{1*}

¹LADISER de Química Orgánica y Biotecnología de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Prolong. de Ote. 6, No. 1009, Col. Rafael Alvarado, Orizaba, Ver.; México.

²Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Veracruzana, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán, S/N, Zona Universitaria, C. P. 91000, Xalapa, Ver.; México.

*chemax7@yahoo.com.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se sintetizaron tres compuestos de coordinación a partir de los nitratos de terbio, samario y europio con el ligante orgánico: ácido 2,6-piridindicarboxílico, utilizando condiciones solvotermales. Se obtuvieron tres sólidos cristalinos, óptimos para su análisis mediante difracción de rayos-X de monocristal, los compuestos también se analizaron mediante IR, AE y TGA. Los iones lantánidos (Tb³⁺, Sm³⁺ o Eu³⁺) se encuentran coordinados a tres moléculas del ácido 2,6-piridindicarboxílico y co-cristaliza con dos moléculas de dimetilamina. Los compuestos se analizaron mediante TGA, donde resultaron estables a temperaturas mayores a 300 °C, superior a la del ácido 2,6-piridindicarboxílico. Los materiales presentan propiedades luminiscentes, por lo que se analizaron mediante espectrofotometría de absorción y emisión. Los espectros de luminiscencia presentan las bandas características para cada ion lantánido coordinado a tres ligantes quelantes. Esta información brinda una idea sobre las potenciales aplicaciones como sensores, ya sea en el área biológica o en ciencias de los materiales.

Palabras clave: coordinación, rayos-X, lantánidos, luminiscencia.

Abstract

Three coordination compounds were synthesized from terbium, samarium and europium nitrates using the organic ligand: 2,6-pyridinedicarboxylic acid, under solvothermal conditions. The crystalline solids obtained were analyzed by single-crystal X-ray diffraction, confirming the isostructural structure of the three compounds. The materials were also analyzed by spectroscopic and analytical techniques, such as IR, EA and TGA. Lanthanide ions (Tb³⁺, Sm³⁺ or Eu³⁺) are coordinated to three 2,6-pyridinedicarboxylic acid molecules and two molecules of dimethylamine co-crystallizes. The coordination compounds showed thermal stability and were studied by TGA, showing decomposition at temperatures greater than 300 °C, higher than that of 2,6-pyridinedicarboxylic acid. The Lanthanide materials showed luminescent properties, so were studied by absorption and emission spectrophotometry; the luminescence spectra were obtained and showed the characteristic bands associated to each lanthanide ion coordinated to three chelating ligand, this information gives an idea of the potential applications as sensors in the biological area or materials science.

Introducción

En años recientes se ha intensificado la síntesis de compuestos híbridos, orgánicos e inorgánicos, estos compuestos han atraído la atención debido a sus propiedades mecánicas, ópticas y térmicas; entre las propiedades ópticas destaca la luminiscencia, la cual es aplicable en diversos campos de investigación [Da Silva y col., 2014].

Los lantánidos poseen propiedades luminiscentes por sí mismos y un alto número de coordinación, lo cual otorga nuevas, diferentes e interesantes topologías para la síntesis de nuevos compuestos de coordinación [Cotton, 2014]. Los orbitales f de los lantánidos confieren a éstos diversas propiedades electrónicas, que conducen a

propiedades físicas, las cuales resultan interesantes para el desarrollo de nuevos materiales luminiscentes [1], la causa principal de estas propiedades reside en que los electrones que son responsables de dichas propiedades son electrones 4f, los cuales se encuentran protegidos efectivamente de la influencia de fuerzas externas en las capas externas de los orbitales $5s^2$ y $5p^6$. Es por ello que los estados que se originan desde las diversas configuraciones $4f^n$ sólo son levemente afectados por el medio que rodea a los iones y permanecen prácticamente invariables para determinado ion en todos sus compuestos [Zucchi y col., 2009] [Marques y col., 2012].

La luminiscencia de estos iones les proporciona relevancia especial en la fotónica, debido a sus propiedades espectroscópicas respecto a la generación de la luz y su amplificación [Armelaoa y col., 2010]. Sus propiedades fotónicas se han extendido de un campo a otro abarcando desde la química, física, ciencias de materiales, agricultura, análisis médicos, entre otros [Bunzil y col., 2013] [Kuriki y col., 2002]. Algunas aplicaciones de los materiales luminiscentes van desde la fabricación de pantallas, láseres, visión nocturna, telecomunicaciones, mejoramiento de conversión de energía solar, sistemas de seguridad, inmunoanálisis, citometría y tratamiento fotodinámico contra el cáncer [Heffern y col., 2014] [Faulkner y col., 2005].

Diversas aplicaciones de iluminación son concebibles utilizando centros que emiten en la región UV-Visible. Estos son Tb^{3+} , Eu^{3+} , y Tm^{3+} los cuales emiten en verde, rojo y azul, respectivamente, y han sido usados como tubos fluorescentes en pantallas multicolor [Bettencourt y col., 2007]. La mayoría de las aplicaciones que pueden presentar los lantánidos se realizan en estado sólido, por lo que el ion lantánido es usualmente utilizado como dopante. Sin embargo se siguen buscando materiales más estables, tanto térmica como mecánicamente, por lo que ha surgido la búsqueda y síntesis de nuevos polímeros de coordinación los cuales combinan propiedades fisicoquímicas de las moléculas orgánicas con las propiedades físicas de los iones metálicos, los cuales pueden tener diversas aplicaciones como catálisis, almacenamiento de gases, separación selectiva de gases, sensores, absorción de metales pesados [Betard y col., 2011].

Metodología

Materiales y métodos

Todo el trabajo de síntesis se llevó a cabo en un ambiente no controlado a temperatura ambiente. Todos los reactivos y solventes utilizados en la síntesis fueron adquiridos de Sigma-Aldrich. La difracción de rayos-X se realizó con un difractómetro de rayos-X de monocristal Gemini (radiación de cobre y molibdeno) con detector Atlas de 135 mm de área activa, equipado con un sistema de baja temperatura (Cryojet), colimadores de 0.3, 0.5 Y 0.8 mm para cada radiación. Los espectros de infrarrojo se obtuvieron con un Espectrofotómetro de FTIR/FIR Spectrum 400 de Perkin-Elmer con un rango de $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ y de $600 - 50 \text{ cm}^{-1}$. El espectrofluorómetro utilizado fue un equipo Horiba Fluoromax-4p equipado con una lámpara de Xenón de 150 W, montada verticalmente. El análisis termogravimétrico se realizó en un equipo termoanalizador Mettler-Toledo con módulos DSC con una precisión de $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$, TGA /SDTA con una precisión de $\pm 0,25^\circ\text{C}$, DSC 821^e y DSC1 con una precisión de $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ y GA/SDTA 851^e con una precisión de $\pm 0,25^\circ\text{C}$. Se realizó el análisis elemental en un equipo Perkin Elmer 2400 para CHNS utilizando cistina como compuesto de calibración.

Síntesis del compuesto 1-Sm

El compuesto 1-Sm se sintetizó a partir de 0.05 g (0.32 mmol) de 4,4'-bipiridina disueltos en 5 mL de metanol y 0.142 g (0.32 mmol) de $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ disueltos en 5 mL de agua; la mezcla se calentó por media hora. Posteriormente se pesó 0.053 g (0.32 mmol) de H_2PDA (ácido 2,6-piridindicarboxílico) disueltos en 5 mL de dimetilformamida y se agregó a la solución anterior. La mezcla resultante se introdujo en un contenedor de teflón de 20 mL para colocarlo en autoclave a $120 \text{ }^\circ\text{C}$ por 4 días. Al concluir el tiempo de la autoclave, la solución se colocó a evaporación lenta por 3 días hasta la formación de cristales con un rendimiento del 72%. Análisis elemental calculado: C, 40.31; H, 4.33; N, 9.40 encontrado: C, 39.55; H, 4.12; N, 10.59. Este compuesto se obtuvo con un rendimiento del 73 %.

Síntesis del compuesto 2-Eu

El compuesto 2-Eu se sintetizó utilizando el mismo procedimiento que en el compuesto 1-Sm a partir de 0.05 g (0.32 mmol) de 4,4'-bipiridina, 0.137 g (0.32 mmol) de $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y 0.053 g (0.32 mmol) de H_2PDA . Análisis

elemental calculado: C, 40.22; H, 4.32; N, 9.38 encontrado: C, 39.39; H, 4.24; N, 10.44. Este compuesto se obtuvo con un rendimiento del 76 %.

Síntesis del compuesto 3-Tb

El compuesto 3-Tb se sintetizó utilizando el mismo procedimiento que en el compuesto 1-Sm a partir de 0.05 g (0.32 mmol) de 4,4'-bipiridina, 0.069 g (0.32 mmol) de $Tb(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$ y 0.053 g (0.32 mmol) de H_2PDA . Análisis elemental calculado: C, 40.22; H, 4.32; N, 9.38 encontrado: C, 39.39; H, 4.24; N, 10.44. Este compuesto se obtuvo con un rendimiento del 76 %.

Resultados y discusión

De los tres compuestos sintetizados únicamente el compuesto 1-Sm resultó ser nuevo de acuerdo a la base de datos estructurales de Cambridge; a diferencia de los compuestos 2-Eu y 3-Tb que ya habían sido reportados por Mooibroek y col. [2010] y por Wang y col. [2012] por otra ruta de síntesis. Los tres compuestos de coordinación sintetizados son cristales incoloros de forma cúbica, insolubles en disolventes orgánicos, tales como metanol, acetonitrilo, dimetilformamida, acetona, etc.; no funden a temperaturas inferiores de 320 °C. Los compuestos obtenidos se observaron con una lámpara de luz UV, donde se excitaron a una longitud de onda de 365 nm, mostrando luminiscencia característica para cada ion lantánido como se observa en la Figura 1.

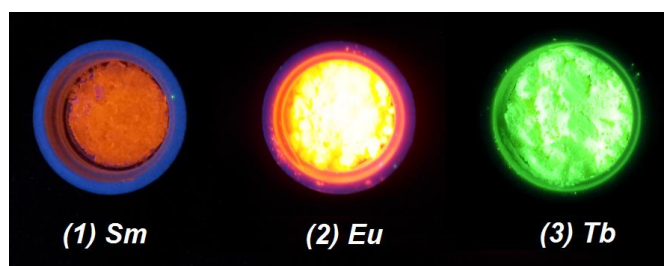


Figura 1. Compuestos expuestos a la luz UV (365 nm)

Los espectros de IR de los compuestos fueron analizados y comparados con los del ácido 2,6-piridindicarboxílico, tal como se muestra en la Tabla 1. En los IR se muestra la desprotonación del $-COOH$ con el 4,4'-bipiridil. El espectro muestra las bandas vibracionales tales como $\nu(C=C)_{arom}$ a 1411–1467 cm^{-1} , $\nu(C=N)$ a 1572–1570, cm^{-1} , $\nu(C-H)_{arom}$ a 729–727 cm^{-1} para los tres compuestos. Un cambio significativo se puede observar en la banda $\nu(C=O)$ de los tres compuestos ya que se encuentra a niveles más bajos de energía 1599–1600 cm^{-1} .

Tabla 1: Principales bandas características de los compuestos comparadas con el ligante H_2PDA .

Compuesto	$\nu(C=C)_{arom}$	$\nu(C=O)$	$\nu(C=N)$	$\nu(C-O)$	$\nu(C-N)$	$\delta(C-H)_{arom}$	$\nu(N-H)$
H_2PDA	1455, 1411	1690	1574	1296	1256	750	---
(1)	1466, 1429	1599	1570	1385	1369	727	3541
(2)	1466, 1430	1599	1570	1386	1369	727	3540
(3)	1467, 1431	1600	1572	1387	1371	729	3543

Los compuestos 1-Sm, 2-Eu y 3-Tb exhibieron un comportamiento térmico similar como se puede observar en la Figura 2. La primera pérdida de peso del compuesto 1-Sm se encuentra entre 62.73-107.88°C centrada en 90.18°C, la cual se atribuye a la pérdida de agua. La segunda pérdida de agua es entre 274.13-324.66°C centrada en 308.51°C que se debe a la ruptura del ligante H_2PDA y la tercera es entre 443-463.99°C centrada en 457.65°C. El compuesto 2-Eu muestra la primera pérdida entre 70.67-117.30°C centrada en 100°C, la segunda pérdida entre 272.60-327.87°C centrada en 312.42°C y la tercer pérdida entre 425.55-448.2°C centrada en 442.87°C. Por último

el compuesto 3-Tb tiene su primera pérdida entre 86.76-128.74°C y centrada en 114.24°C, la segunda entre 277.8-331.54°C y centrada en 315.32°C y la tercera entre 447.78-475.0°C y centrada en 465.81°C.

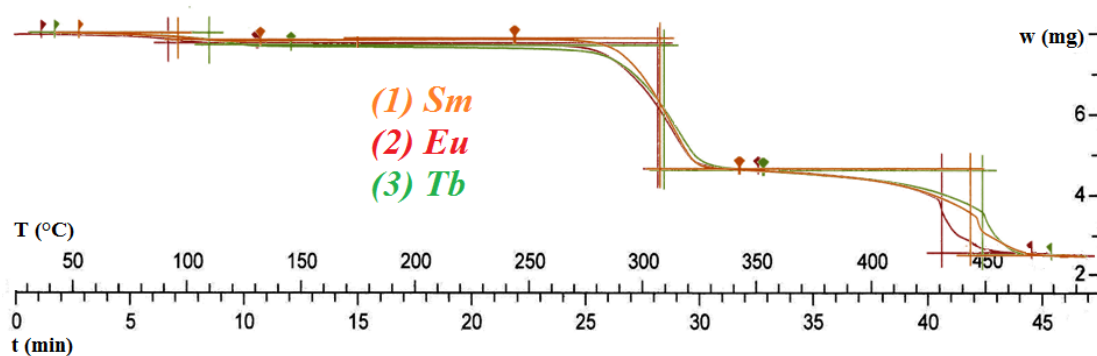


Figura 2. TGA de los compuestos 1-Sm, 2-Eu y 3-Tb.

La difracción de rayos-X de monocristal mostró que los tres compuestos sintetizados son isoestructurales como se había observado en los espectros de IR. Los datos mostrados en la Tabla 2 pertenecen al compuesto 1-Sm. Esto debido a como ya se mencionó este fue el único compuesto que no había sido reportado, los valores de la tabla con prácticamente los mismos a los de los compuestos 2-Eu y 3-Tb.

Tabla 2. Datos cristalográficos del compuesto 1-Sm.

Compuesto	1-Sm
Fórmula empírica	C ₂₇ H ₃₃ N ₆ O ₁₂ Sm
Peso molecular	783.94
Grupo espacial	Ortorrómbico
Sistema cristalino	Pbcn
Tamaño del cristal (mm ³)	0.35x0.26x0.21
Color y forma de cristal	Prisma violeta
a(Å)	16.9864(6) Å
b(Å)	10.7249(4) Å
c(Å)	18.5761(11) Å
α(°)	90.0000
β(°)	90.0000
γ(°)	90.0000
Volumen (Å ³)	3384.1(3)
Unidades por celda, Z	4
δ _{calc} (Mg cm ⁻³)	1.539
μ (mm ⁻¹)	1.801
R (int)	0.0813
F(000)	1580
No. de reflexiones colectadas	11746
No. de reflexiones independientes	4135
No. de reflexiones total.	2727
R [F ² > 2 σ(F ²)]	0.0486 [I > 2σ(I)]
wR (F ²)	0.1427
Goodness of fit, S	1.041

La difracción de rayos X de monocristal muestra una estructura en la cual se puede observar que el ion lantánido se encuentra coordinado a tres moléculas del como se observa en la Figura 3; el ligante al coordinarse obtuvo una geometría de la coordinación que es un prisma trigonal de triple remate. La 4,4'-bipiridina no se coordinó al

ion lantánido, debido a que este ligante no compete frente al H₂PDA, el cual se desprotona y se coordina fuertemente al metal, impidiendo la entrada de la 4,4'-bipiridina por impedimento estérico.

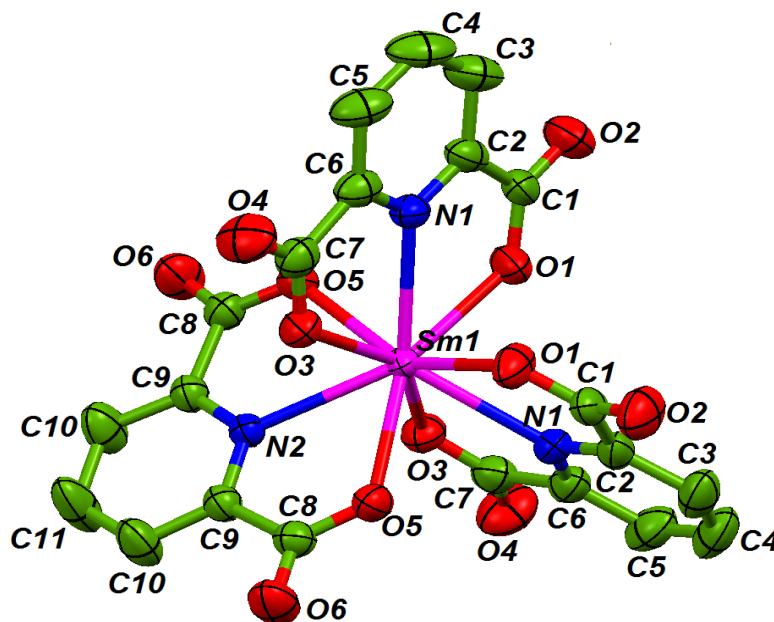


Figura 3. Representación de la estructura cristalina del compuesto 1-Sm.

También se encuentran dos moléculas de dimetilamonio en la estructura, la cual se pudo haber obtenido a partir de la descomposición de la N,N-dimetilformamida en dos moléculas, una de dimetil amino y otra de formiato como se observa en la Figura 4; esto se ha reportado en otro trabajos como el de Mooibroek y col. [2010].

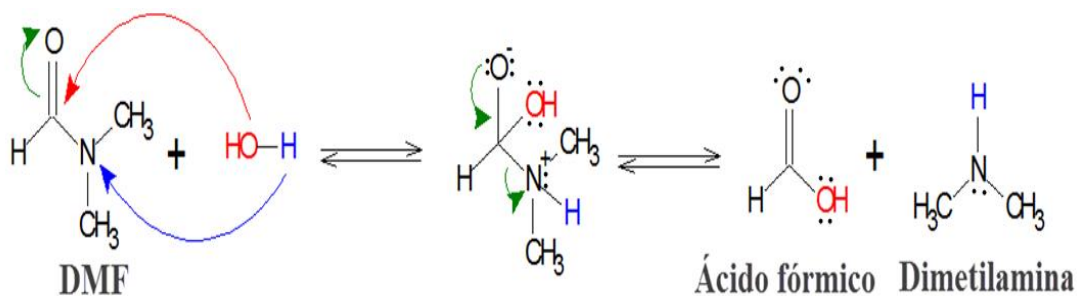


Figura 4. Mecanismo de reacción propuesto para la formación de ácido fórmico y dimetilamina.

De la difracción de rayos-X se hicieron mediciones de las principales distancias de enlace así como de los ángulos, estos valores se muestran en la Tabla 3. Las distancias de enlace muestran cierta tendencia, las mayores distancias de enlace son las del compuesto 1-Sm, siguiendo las distancias de 2-Eu y las de menor distancia son las del compuestos 3-Tb, esto debido a su radios atómicos (Sm=1.079Å Eu=1.066 Å y Tb=1.040 Å).

Tabla 3. Distancias y ángulos de enlace del compuesto 1-Sm.

Distancias de enlace (Å)	
N(1)-Sm(1)	2.549(5)
N(2)-Sm(1)	2.552(7)
O(1)-Sm(1)	2.457(5)
O(3)-Sm(1)	2.476(5)
O(5)-Sm(1)	2.455(4)
Ángulos de enlace(°)	
O(5)-Sm(1)-O(3)	88.31(16)
O(1)-Sm(1)-O(3)	126.13(16)
O(5)-Sm(1)-N(1)	74.96(15)
O(1)-Sm(1)-N(1)	62.86(17)
O(5)-Sm(1)-O(1)	78.21(16)
O(3)-Sm(1)-N(1)	63.28(16)
O(5)-Sm(1)-N(2)	63.07(10)
O(1)-Sm(1)-N(2)	136.41(14)
O(3)-Sm(1)-N(2)	74.22(10)
N(1)-Sm(1)-N(2)	120.05(11)

Por último se analizaron las propiedades luminiscentes de los compuesto por medio de espectrofluorometría, para la obtención de los espectros se excitaron las muestras a longitudes de onda de ($\lambda=200$ nm y 260 nm), se obtuvieron a temperatura ambiente y en estado sólido al no ser solubles en ningún disolvente y al ser en este estado donde presentan una amplia gama de aplicaciones. En la Figura 5 se muestran el espectro donde se observan las transiciones de cada compuesto y en la Tabla 4 se muestran los valores de cada transición así como su longitud de onda e intensidad.

Tabla 4. Datos de longitud de onda para la transición de los compuestos 1-Sm, 2-Eu y 3-Tb.

Transición	Longitud de onda (nm)	Intensidad (a.u.) ^a
Compuesto 1-Sm		
$^4G_{5/2} \rightarrow ^6H_{5/2}$	489.3	6.8
$^4G_{5/2} \rightarrow ^6H_{7/2}$	542.2	9.3
$^4G_{5/2} \rightarrow ^6H_{9/2}$	583.1	3.6
$^4G_{5/2} \rightarrow ^6H_{11/2}$	621.1	3.1
Compuesto 2-Eu		
$^5D_0 \rightarrow ^7F_0$	487.3	4.2
$^5D_0 \rightarrow ^7F_1$	540.5	4.8
$^5D_0 \rightarrow ^7F_2$	588.8	4.6
$^5D_0 \rightarrow ^7F_3$	612.3	10.0
$^5D_0 \rightarrow ^7F_4$	673.5	3.1
Compuesto 3-Tb		
$^5D_4 \rightarrow ^7F_6$	515.5	4.5
$^5D_4 \rightarrow ^7F_5$	567.1	3.3
$^5D_4 \rightarrow ^7F_4$	607.0	5.7
$^5D_4 \rightarrow ^7F_3$	635.0	7.4

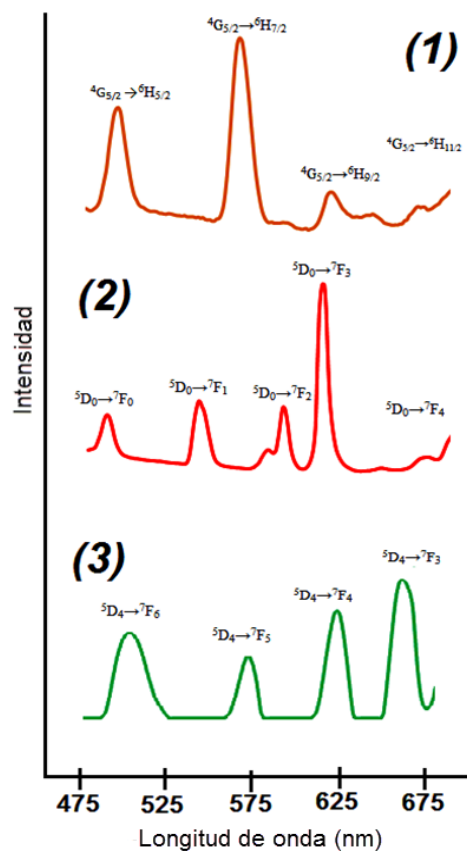


Figura 5. Espectro de emisión de los compuestos 1-Sm, 2-Eu y 3-Tb.

En los espectros de emisión de los compuestos 1 y 3 no se observa interferencia del ligante a diferencia del compuesto 2 de samario, en donde se aprecia la interferencia del ligante respecto al samario, lo cual indica que en los compuestos 1 y 3 ocurre una eficiente transferencia de energía del ligante a los iones Ln (III), lo cual no ocurre en el compuesto 2 ya que la transferencia de energía se ve afectada por el ligante. Comparando los espectros, la intensidad de emisión varía en el siguiente orden Tb (III) > Eu (III) > Sm (III).

Trabajo a futuro

La siguiente parte del trabajo será analizar por medio de resonancia paramagnética los compuestos para poder conocer los tiempos de vida media de la luminiscencia. Posteriormente se procederá a realizar pruebas de toxicidad para una posible aplicación biomédica como en terapia fotodinámica contra el cáncer.

Conclusiones

Se sintetizó una serie de compuestos de lantánidos (1-3) con fórmula general $[H_2NMe_2]_3[Ln(III)(2,6\text{-diridindicarboxilato})_3]$. La síntesis de los compuestos se realizó mediante técnicas solvotérmicas y utilizando 4,4'-bipiridil como base. La estructura cristalina obtenida mediante difracción de rayos-X y el análisis termogravimétrico podrían explicar la gran estabilidad de los compuestos (1-3), siendo la principal razón de esta estabilidad, la gran cantidad interacciones por puente de hidrógeno entre los complejos y las moléculas de $(CH_3)_2NH_2$. Los compuestos poseen estructuras mononucleares con una geometría de prisma trigonal de triple remate la cual es la preferida para el PDA. Este tipo de estructura no es sorprendente debido a que se han reportado con anterioridad diferentes estructuras similares para compuestos de coordinación de Sm(III), Eu(III) and Tb(III). Los compuestos

sintetizados presentan buenas propiedades fotoluminiscentes y alta estabilidad térmica, así como una ruta de síntesis poco costosa.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CONACyT), fondo mixto (127835). Del mismo modo se agradece por la beca de maestría por parte de CONACyT, México otorgada a Alan Genaro Viveros Andrade.

Referencias

1. Da Silva, R.; Lisboa, J.; Bezerra, N.; Oliveira, R.; Alves, S. (2014). New experimental and theoretical approach in Eu₂O₃ microspheres: from synthesis to a study of the energy transfer. *Journal of Photochemistry and Photobiology*. (281) 7-13.
2. Cotton, S. Lanthanide And Actinide Chemistry. (2006). Rutland, Uk. Jhon Wiley and Sons. (2). ISBN-13 9-78-0-470-01005-1.
3. Zucchi, G.; Maury, O.; Thuéry, P.; Gumy, F.; Bünzli, J. (2009). 2,2'-Bipyrimidine As Efficient Sensitizer Of The Solid-State Luminescence Of Lanthanide And Uranyl Ions From Visible To Near-Infrared. *Chemistry European*. (15) 9686–9696.
4. Marques, L.; Santos, M.; Ribeiro, S.; Castellanos, E. (2012). Terbium(III) And Dysprosium(III) 8-Connected 3d Networks Containing 2,5-Thiophenedicarboxylate Anion: Crystal Structures And Photoluminescence Studies". *Polyhedron*. (38) 149–156.
5. Armelao, L.; Quibic, S.; Barigelletti, C.; Accorsic, G.; Bottarod, G.; Cavazzini, M.; Tondello, E. (2010). Design Of Luminescent Lanthanide Complexes: From Molecules To Highly Efficient Photo-Emitting Materials. *Coordination Chemistry Reviews*. (254) 487-505.
6. Bünzli, Jean Claude; Elissevaci, Svetlana. (2013). Intriguing Aspects Of Lanthanide Luminescence. *Chemical Science*. (4) 1939-1949.
7. Kuriki, K.; Koike, Y. (2002). Plastic Optical Fiber Lasers And Amplifiers Containing Lanthanide Complexes. *Chemical Science*. (102) 2347–2356.
8. Heffern, M.; Matosziuk, L.; Meade, T. (2014). Lanthanide Probes For Bioresponsive Imaging". *Chemical Science*. (114) 4496-4539.
9. Bettencourt, A. (2007). Lanthanide-Based Emitting Materials In Light-Emitting Diodes". *Dalton Transactions*. (22) 2229-2241.
10. Faulkner, S.; Pope, S.; Burton-Pye, B. (2005). Lanthanide Complexes For Luminescence Imaging Applications". *Applied Spectroscopy Reviews*. (40) 1–31.
11. Bétard, A.; Fischer, R. (2011). Metal-Organic Framework Thin Films: From Fundamentals To Applications. *Chemical Reviews*. (112) 1055-1083.
12. Mooibroek, T.; Gamez, P.; Pevec, A.; Kasuni, M.; Kozlevčar, B.; Reedijk, J. (2010). Efficient, Stable, Tunable, And Easy To Synthesize, Handle And Recycle Luminescent Materials: [H₂nme₂]₃[Ln(III)(2,6-Dipicolinate)₃] (Ln = Eu, Tb, Or Its Solid Solutions). *Dalton Transactions*. (39) 6483–6487.
13. Wang, X.; Yang, Y.; Wang, P.; Li, L.; Fan, R.; Cao, W. (2012) High Efficiency Co-Sensitized Solar Cell Based On Luminescent Lanthanide Complexes With Pyridine-2,6-Dicarboxylic Acid Ligands. *Dalton Transactions*. (41) 10619-10625.

Síntesis de materiales adsorbentes LiMg_2O_x para la captura de CO_2

D.M Frías Márquez¹, A.E. Cruz Pérez¹, C. Ortiz Domínguez², E. Del Ángel Meráz¹, E. Torres García³

¹División Académica de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Km 1. Tabasco, México

²División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Cárdenas Km 0.5. Tabasco, México

³Instituto Mexicano del Petróleo, Eje Central Lázaro Cárdenas 152, México, D.F. México

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se sintetizaron materiales adsorbentes LiMg_2O_x por medio de los métodos de molienda y de precipitación. Los sólidos obtenidos se calcinaron a 700 y 800 °C con el fin de evaluar el efecto de la temperatura de calcinación. La caracterización fisicoquímica se llevó a cabo mediante espectroscopía de reflectancia difusa UV-Vis (ERD-UV-Vis) y difracción de rayos-X (DRX). El análisis de los parámetros texturales, así como la evaluación de la capacidad de adsorción de CO_2 se realizaron en un equipo de fisisorción de N_2 .

Los resultados obtenidos mostraron que el método de precipitación permite una buena integración de los óxidos que componen a los materiales, ya que no mostraron la presencia de Li_2O ; sin embargo presentaron áreas superficiales menores a las obtenidas por el método de molienda. El área superficial es determinante para la adsorción de CO_2 y ésta se favoreció considerablemente por la calcinación a 800°C.

Palabras clave: Adsorción, materiales adsorbentes, óxidos mixtos, fisisorción

Abstract

Adsorbent materials LiMg_2O_x were synthesized by grinding and precipitation methods. The obtained solids were calcined at 700 and 800 °C in order to evaluate the calcination temperature effect. The characterization was performed by UV-Vis diffuse reflectance spectroscopy (UV-Vis DRS) and X-ray diffraction (XRD). The textural parameters analysis as well the CO_2 adsorption test were carried out in a N_2 -physisorption equipment.

The results showed that precipitation method allows a good integration of the oxides, since these materials did not show the presence of Li_2O in their inner structure, however they have smaller areas than those obtained by the grinding method. The specific area is determinative for the CO_2 adsorption, and it was considerably favored by the calcination at 800 °C.

Keywords: adsorption, adsorbent materials, mixed oxides, physisorption

Introducción

Uno de los fenómenos que resulta del incremento de CO_2 en la atmósfera es el conocido con el nombre de “efecto invernadero reforzado”, que es un calentamiento de la superficie terrestre y de la baja atmósfera. Según estimaciones basadas en modelos climáticos elaborados, la temperatura mundial media aumentará entre 1.4 y 5.8 °C para el año 2100. (Specker et al., 2007).

El protocolo de Kioto sobre el cambio climático es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases que incrementan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO_2), gas metano (CH_4) y óxidos de nitrógeno (NO_x), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF_6), en un porcentaje aproximado de un 5%, dentro del periodo de los años 2008 al 2012, en comparación a las emisiones del año 1990 (Aroonwilas et al., 2006).

En México, la sustitución de combustibles fósiles por energías renovables para emitir menos CO_2 en realidad no ha tenido impacto, porque el petróleo y sus derivados representan hoy cerca de 96% de los energéticos que

consume el país. Por ello se han desarrollado tecnologías complementarias para cumplir esta función, las cuales consisten en separar el CO₂, de los gases de combustión, de manera que se pueda confinar geológicamente. Estas tecnologías son las de captura y almacenamiento (CCS, por sus siglas en inglés). El método más utilizado para la separación de CO₂ de un flujo de gases es la absorción química, pero presenta algunos inconvenientes como la cantidad de energía necesaria para la regeneración del disolvente, así como los problemas de corrosión y la imposibilidad de trabajar a temperaturas elevadas. Por este motivo, se ha planteado el empleo de sólidos adsorbentes para la captura de CO₂.

Hay numerosos factores que describen la calidad o utilidad de los adsorbentes de CO₂: (a) la cinética de adsorción/desorción (b) la capacidad de regeneración de CO₂, (c) los parámetros de operación, la temperatura o diferencia de temperatura entre la adsorción y desorción. En algunos trabajos también se ha reportado que la abundancia relativa de las diferentes especies está ligada a las condiciones de preparación (Pilarczyk et al., 1989). Además, se ha demostrado que la actividad y selectividad de los materiales pueden ser afectadas por variaciones en los precursores de partida; la concentración y el pH (Engweiler et al., 1996)

Por otro lado, la naturaleza ácida de la molécula de CO₂ facilita su adsorción en los sitios básicos de algunos óxidos de metales, especialmente aquellos con un bajo nivel de carga-radio, que son de naturaleza iónica y presentan sitios fuertemente básicos. (Mosqueda et al., 2006). Este grupo de materiales incluye óxidos de metales alcalinos (Na₂O, K₂O) y óxidos de metales alcalino térreos (CaO, MgO), en las cuales las moléculas de CO₂ adsorbidas promueven la formación de especies monodentadas o multidentadas (Mosqueda et al., 2006). Entre la variedad de materiales considerados en esta categoría de adsorbentes se pueden encontrar el óxido de calcio, óxidos de magnesio y circonatos de litio. Se debe tener en cuenta que otros óxidos metálicos muestran algunas propiedades de adsorción de CO₂ bajo condiciones selectivas, como son: óxidos de litio, óxidos de sodio, (Barker et al., 1974, Kung et al., 1979, Li et al., 2001, Gupta et al., 2004, Ding et al., 2000).

Estos adsorbentes sólidos suelen emplear procesos cíclicos y de múltiples módulos de adsorción y desorción, con desorción inducida por una presión u oscilación de la temperatura (Choi et al., 2009).

El presente trabajo se muestra la síntesis de materiales LiMg₂O_x por medio de los métodos de molienda y de precipitación y se propone su uso para la captura de CO₂.

Metodología

Los materiales se obtuvieron por medio de dos métodos: a) por molienda y b) por precipitación.

Método de molienda

El material se preparó a partir de la mezcla de sales metálicas de nitrato de litio (LiNO₃) y nitrato de magnesio (Mg(NO₃)₂), con una relación de concentración establecida (1:2 M) según los cálculos correspondientes, posteriormente se realizó la molienda en un mortero de ágata por 1 h con alcohol. El sólido obtenido, se secó a 100°C por 1 h y se calcinó a 700°C por 1 h empleando una rampa de calentamiento de 50°C/min, obteniendo el sistema LiMg₂O_x. Para obtener los resultados comparativos, los sólidos se calcinaron a 700 y 800°C.

Método de precipitación

El material se preparó a partir de una mezcla acuosa de las soluciones de las sales de nitrato de litio (LiNO₃) y de nitrato de magnesio (Mg(NO₃)₂). Posteriormente las soluciones se evaporaron a 80-90°C en un baño de aceite y agitación constante. El precursor semi-seco se secó a 100°C por 1 h a una rampa de calentamiento de 3°C/min y se calcinó a 700°C por 1 h con una rampa de calentamiento de 50°C/min, obteniendo como producto final el sistema LiMg₂O_x. Para obtener los resultados comparativos, los sólidos se calcinaron a 700 y 800°C. La Tabla 1 muestra la nomenclatura que se empleará en este trabajo

Tabla 1. Nomenclatura de los sólidos sintetizados

Sólido	Método de preparación	Temperatura de calcinación
LiMg ₂ O _x -S-700	Precipitación	700 °C
LiMg ₂ O _x -M-700	Molienda	700 °C
LiMg ₂ O _x -S-800	Precipitación	800 °C
LiMg ₂ O _x -M-800	Molienda	800 °C

Caracterización fisicoquímica

Difracción de rayos X (DRX).

La identificación de las fases cristalinas de los materiales calcinados se realizó por difracción de rayos X mediante el método para polvos (en un difractómetro Bruker Modelo D8 advance). Usando como fuente de radiación CuK , $\lambda = 1.54059 \text{ \AA}$; con un voltaje de 40kV y un amperaje 30 mA. Los difractogramas se obtuvieron en el entorno angular de 2θ de 20° a 85° en 2° (Tamaño de paso $0.02^\circ/1s$).

Espectroscopia de Reflectancia Difusa UV-Visible

La caracterización por UV-Vis se realizó en un espectrofotómetro UV-Vis marca Varian Modelo Cary 300 el cual tiene un rango de 900 a 190 nm con accesorio de reflectancia difusa (una esfera de integración acoplada). El compuesto que se utilizó como referencia fue el BaSO_4 con el 100% de reflectividad. Estos espectros aportan información sobre el tipo de coordinación y naturaleza de las especies oxídicas presentes en los materiales adsorbentes.

Fisorción de N_2

La determinación del área específica (S_g), se realizó por fisorción de N_2 usando el método BET, se llevó a cabo en un equipo de medición de áreas superficiales y sistemas porosimétricos marca MICROMERITICS TRISTAR 3020 II a 77 K (-196 °C).

Determinación de la Capacidad de Adsorción de CO_2 .

Se realizó en el equipo MICROMERITICS TRISTAR 3020 II, el cual cuenta con la posibilidad de análisis de adsorción para varios tipos de gases. El TriStar II permite la adsorción de argón, dióxido de carbono y otros gases no corrosivos, tales como butano, metano, u otros hidrocarburos ligeros.

Resultados y discusión

El análisis cualitativo de fases se llevó a cabo por medio de DRX, los resultados obtenidos mostraron que todos los materiales LiMg_2O_x presentaron picos de reflexión en los entornos angulares de $30\text{-}45^\circ$ y de $50\text{-}80^\circ$ en 2θ . En la Figura 1 se muestran los difractogramas de las muestras calcinadas a 700°C . Los sólidos obtenidos por molienda muestran la presencia predominante del MgO en fase cúbica, el cual se distingue por la reflexión de alta intensidad situada a 43° y las de baja intensidad en 37° , 62.2° , 74.5° y 78.5° (JPCDS-00-004-0829). En la muestra de $\text{LiMg}_2\text{O}_x - \text{M-700}$ se puede identificar una señal a 33.5° , la cual indica la formación de Li_2O en fase cúbica, esta señal se mantiene después de la calcinación a 800°C y no se observa en los sólidos obtenidos por precipitación (Figura 2). Esto puede deberse a la ausencia de fases cristalinas tridimensionales del Li_2O , lo cual indica una buena integración y dispersión de los óxidos que componen al material.

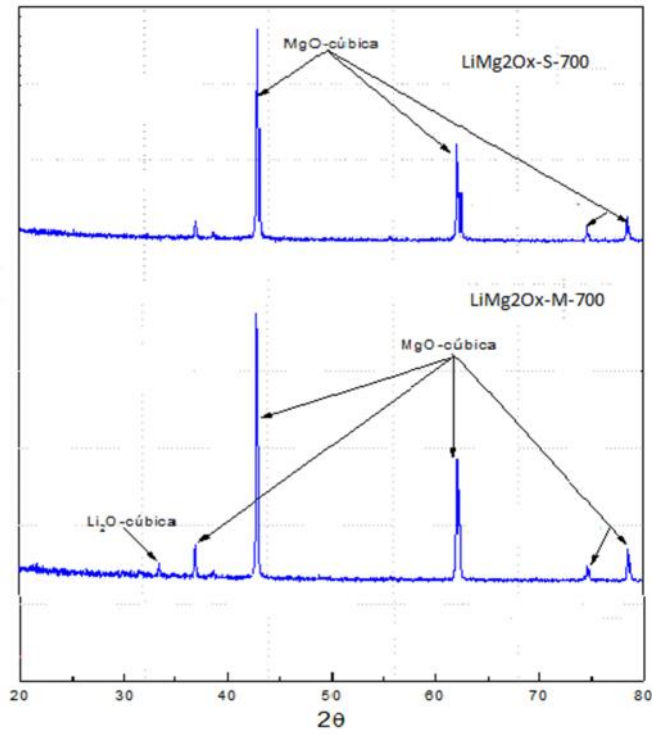


Figura 1. Difractogramas de los sólidos LiMg_2O_x calcinados a 700 °C obtenidos por el método de molienda y por mezcla de soluciones

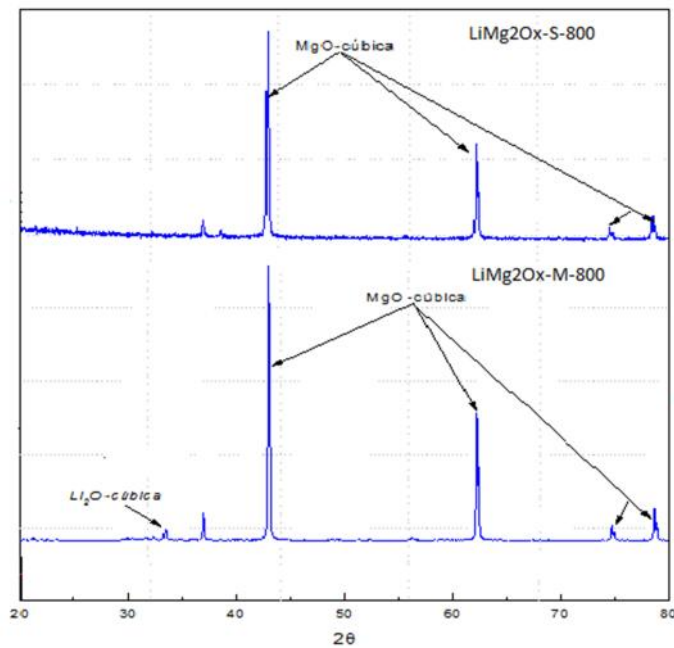


Figura 2. Difractogramas de los sólidos LiMg_2O_x calcinados a 800 °C obtenidos por el método de molienda y por mezcla de soluciones

La Figura 3 muestra los espectros de reflectancia difusa UV-Vis de las muestras de LiMg_2O_x , calcinadas a 700° y 800° preparadas por ambos métodos. Adicionalmente se incluyen como referencias los óxidos de magnesio y litio. En todos los espectros de los sólidos sintetizados se presenta una banda en 280 nm aproximadamente, que se debe a la presencia de Li_2O , esta banda no está presente, como es de esperarse, en espectro de referencia de MgO . La banda en esta región está relacionada con la transferencia de carga $\text{Li}^+ \rightarrow \text{O}$ desde el ligando $\text{O } 2p$ al orbital s del Li^+ . Estos centros $\text{Li}^+ - \text{O}^-$ pueden estar en equilibrio con los sitios de O^- a través de huecos de transporte del MgO (Driscoll et al, 1986). La promoción de los iones litio hace posible observar esta banda debido a que induce un cambio en la coordinación local del Mg . Esto disminuye la coordinación del MgO (normalmente 4) hasta aproximadamente 3 con lo que se producen defectos en la estructura de este óxido. Además, es posible observar esta banda desde aproximadamente el 2.5% en peso de litio (Loong et al, 1997), lo que es indicativo de la sensibilidad de la misma a los cambios estructurales inducidos por ambos, de la concentración del dopante en este caso el Li . Esta interacción puede ser la causante del ligero desplazamiento a longitudes de onda menores. En la literatura se menciona una banda de adsorción intensa a 360 nm , la cual se relaciona con la presencia de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ e hidroxicarbonatos de Mg , atribuida a la mala preparación de los materiales (Aroux et al., 1990); esta banda no fue detectada en ningún material preparado, esto sugiere que la metodología para la preparación de los materiales seguida en este trabajo, permite una buena integración de la mezcla de óxidos que los componen.

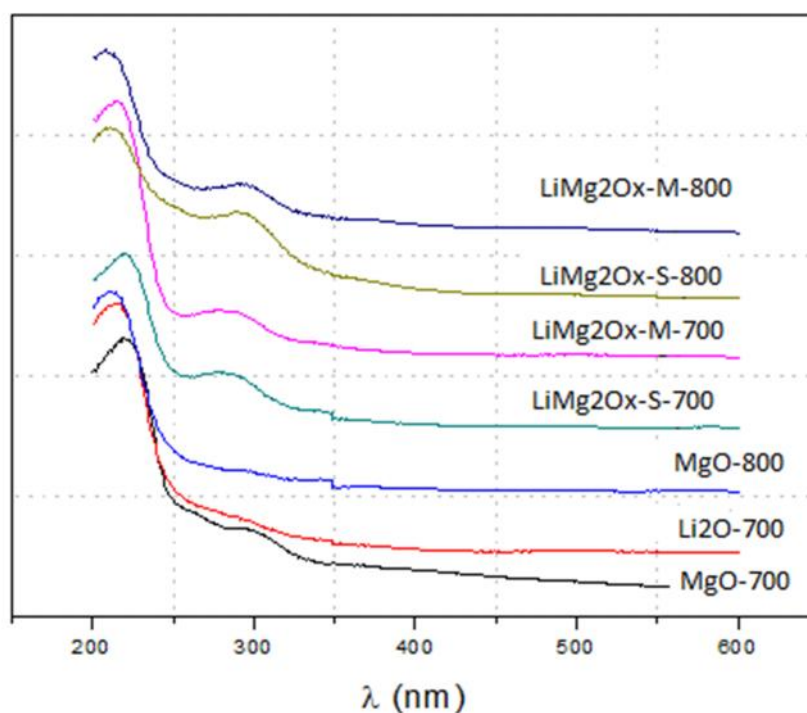


Figura 3. Espectros por RD-UV-Vis de los sólidos LiMg_2O_x y de las referencias: MgO-800 (MgO calcinado a 800°C), MgO-700 (MgO calcinado a 700°C) y $\text{Li}_2\text{O-700}$ (Li_2O calcinado a 700°C)

Los parámetros texturales de los sólidos se obtuvieron por medio de fisisorción de N_2 (Tabla 2), los materiales presentan bajas áreas superficiales, sin embargo éstas son considerablemente mayores en los sólidos obtenidos por el método de molienda. Por otro lado, el área superficial aumenta más del 100% después de la calcinación a 800°C , esto puede deberse a una reestructuración superficial a esa temperatura.

Tabla 2. Área superficial y capacidad de adsorción de CO₂ de los sólidos LiMg₂O_x

Sólido	A _{BET} m ² g ⁻¹	Capacidad de adsorción mmgCO ₂ g ⁻¹
LiMg ₂ O _x -S-700	4	0.04
LiMg ₂ O _x -M-700	7	0.07
LiMg ₂ O _x -S-800	10	0.11
LiMg ₂ O _x -M-800	16	1.64

La capacidad de adsorción de CO₂ se realizó mediante el equipo de fisisorción de N₂. Los resultados obtenidos muestran mayor capacidad de absorción en los sólidos sintetizados por medio de la molienda (Tabla 2). Además, esta capacidad aumenta considerablemente en las muestras que se calcinaron a 800°C. Esto se debe al aumento de área superficial. Ya que a mayor área superficial habrá mayor capacidad de adsorción. Por otro lado, la capacidad de adsorción que presentó el sólido LiMg₂O_x-M-800 es similar a las que reporta Alcérreca, este autor reportó tres isotermas de adsorción de zeolitas naturales, erionita (IRE), mordenita(MOR) y clinoptilolita(UME) con una temperatura de operación de 27°C. Las isotermas mostraron variaciones de capacidad de adsorción en función del tipo de zeolitas desde aproximadamente 1.6 a 2.7 mmol/g⁻¹ (Alcérreca et al. 2009).

Trabajo a futuro

Se pretende realizar la identificación de sitios ácidos y básicos de los materiales mediante la adsorción de moléculas de prueba. Por otra parte, se llevará a cabo el análisis de los sólidos por medio de microscopía electrónica de barrido y microscopía electrónica de transmisión. También se espera realizar la evaluación en la oxidación de CO.

Conclusiones

Se sintetizaron sólidos tipo LiMg₂O_x por medio de los métodos de molienda y de precipitación, los resultados mostraron que el método de precipitación permite una mejor integración de los óxidos que componen a los materiales, sin embargo presentan menores áreas superficiales con respecto a las de los materiales obtenidos por el método de molienda. Por otra parte, es probable que durante la calcinación a 800 °C se lleve a cabo una reestructuración superficial, la cual conduce a un aumento en el área superficial y por lo tanto en la capacidad de adsorción de CO₂.

Referencias

1. Alcérreca-Corte I., Fregoso I, E., Pfeiffer, H. (2008). CO₂ absorption on Na₂ZrO₃: A kinetic analysis of the chemisorption and diffusion processes. *The Journal of Physical Chemistry C*. **112** (16):6520–6525.
2. Aroonwilas, A., Veawab, A. (2006). In Cost Structure and Performance of CO₂ Capture Unit Using Split-Stream Cycle, Proceedings of the 8th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT-8), Trondheim, Norway.
3. Auroux, A. Gervasini, A. (1990). *Microcalorimetric study of the acidity and basicity of metal oxides surface. Journal of Physical Chemistry*. (94). 6371-6379
4. Barker, R. (1974). The reactivity of calcium oxide towards carbon dioxide and its use for energy storage. *Journal of Applied Chemistry and Biotechnology*. **24**(4):221-227
5. Choi, S., Drese J.H., Jones, C.W. (2009). Adsorbent materials for carbon dioxide capture from large anthropogenic point sources. *Chem Sus Chem*. **2**(9):796-854.
6. Duskocil, E.J., Bordawekar, S.V., Davis, R.J. (1997) Alkali-Support Interactions on Rubidium Base Catalysts Determined by XANES, EXAFS, CO₂ Adsorption and IR Spectroscopy, *J. Catal.* (169). 327-337.

7. Ding, Y., and Alpay, E. (2000). Equilibria and kinetics of CO₂ adsorption on hydrotalcite adsorbent. *Chemical Engineering Science* **55(17)**:3461-3474.
8. Engweiler, J., Harf, J, Baiker, A. (1996). WO_x/TiO₂ Catalysts Prepared by Grafting of Tungsten Alkoxides: Morphological Properties and Catalytic Behavior in the Selective Reduction of NO by NH₃. *J. Catal.* **(159)** 259–269.
9. Gupta, A., Gaur, V., Verma, N. (2004). Breakthrough analysis for adsorption of sulfur dioxide over zeolites. *Chemical Engineering and processing.* **43 (1)**: 9-22.
10. Kung, M. C., Cheng, W. H., Kung, H. H. (1979). Study of iron oxide surface by adsorption and temperature-programmed desorption. *J. Phys. Chem.*, **83(13)**:1737–1744
11. Li, H.S.; Zhong, S.H.; Wang, J.W.; Xiao, X.F. (2001). Effect of K₂O on adsorption and reaction of CO₂ and CH₃OH over Cu-Ni/ZrO₂-SiO₂ catalyst for synthesis of dimethyl carbonate. *Chinese Journal of Catalysis.* **(22)**: 353-357.
12. Loong, C. K., Thiyagarajan, P., Richradson, J. W., Ozawa, M, Suzuki S. (1997). Microstructural Evolution of Zirconia Nanoparticles Caused by Pere-Earth Modification and Heat Treatment. *J. Catal.*, **(171)** 498-505.
13. Mosqueda, H.A., Vazquez, C., Bosch, P., Pfeiffer, H. (2006). Chemical sorption of carbon dioxide (CO₂) on lithium oxide (Li₂O). *Chemistry of Materials.* **18(9)**: 2307-2310.
14. Pilarczyk, E.; Schroter, H. J. (1989). In New PSA-Processes with Carbon Molecular Sieved for Recovery of Carbon Dioxide and Methane, Proceedings of the Gas Separation Technology conference, Antwerpen, Belgium.
15. Specker, S., (2007), Electricity Technology in a carbon-constrained future.(EPRI).February.

Cinéticas de degradación anaerobia de excretas bovinas para la producción de bioenergéticos.

J. U. Roa-Rosas^{*}, A. Alvarado-Lassmann, N. A. Vallejo-Cantú, J. M. Méndez-Contreras, A. Alvarado-Lassman^{**}
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 852, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Ver.

**ulises_roa@outlook.com*

***lassman@prodigy.net.mx*

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se realizó un estudio del proceso de digestión anaerobia a partir de las excretas de ganado bovino, para lo cual se llevaron a cabo cinéticas de degradación, éstas se montaron en reactores de 250 mL, el estudio consistió en realizar diferentes mezclas (excretas – inóculo) en diferentes proporciones, las diferentes combinaciones se expresan en porcentaje teniendo las siguientes relaciones: 80–20, 70–30, 60–40 y 50–50, conservando la relación excretas – inóculo, con el objetivo de encontrar la mejor combinación y la mayor producción de biogás. Los resultados obtenidos a través de las cinéticas de degradación demuestran que la digestión anaerobia es una alternativa viable para dar tratamiento a este tipo de residuos, para su aprovechamiento para la obtención de energía.

Palabras clave: Excretas; digestión anaerobia; biogás.

Abstract

A study of the anaerobic digestion process was carried from the cattle manure, for which they were carried kinetics after degradation, they were mounted in reactors 250 mL, the study was to conduct various mixtures (manure - inoculum) in different proportions, different combinations were expressed as percentages having the following relationships: 80-20, 70-30, 60-40 and 50-50, retaining the manure relationship - inoculum in order to find the best combination and more biogas production. The results obtained through the degradation kinetics demonstrate that anaerobic digestion is a viable option to treat this type of waste, for its use for the production of alternative energy.

Key words: cattle manure; anaerobic digestion; biogas.

Introducción

Como resultado de las diferentes actividades productivas que desarrollan las sociedades, se generan inevitablemente una serie de desechos sólidos, líquidos o gaseosos que pueden tener efectos negativos sobre el ambiente y la salud humana (SEMARNAT, 2012). La cantidad de residuos sólidos a nivel mundial crece aceleradamente debido al aumento de la población y a los avances tecnológicos orientados a satisfacer nuevos hábitos de consumo (Larios y Ponce, 2011).

De acuerdo a la en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) las excretas de ganado bovino son considerados residuos de manejo especial. Las excretas de vaca son el residuo no digerido de la materia vegetal que ha pasado por el intestino del animal, como resultado de este proceso es generada materia fecal la cual es rica en minerales (SEMARNAT, 2012). El estiércol de ganado se compone básicamente de hierba digerida y granos. El estiércol de vaca es rico en materia orgánica y rico en nutrientes. Contiene alrededor de 3% nitrógeno, 2% de fósforo, y 1% de potasio (Iglesias, 1994).

La digestión anaerobia se encuentran entre las tecnologías de procesos biológicos más antiguos utilizados por el hombre, las altas cargas volumétricas aplicadas (Cva, gDQO/L d) y la baja producción de lodos se encuentran entre las muchas ventajas del proceso anaeróbico sobre otras operaciones biológicas. Pero la característica más importante que emerge como un importante motor para el aumento de la aplicación de los procesos anaeróbicos es la producción de energía. No sólo esta tecnología tiene una producción neta de energía positiva, además el biogás producido también puede reemplazar las fuentes de combustibles fósiles y por lo tanto tiene un efecto positivo en la reducción de gases de efecto invernadero (*Bastone et al., 1999*). El proceso controlado de digestión anaerobia es uno de los más idóneos para el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos y el mantenimiento y mejora del valor fertilizante de los productos tratados. Puede aplicarse, entre otros, a residuos ganaderos, agrícolas, así como a los residuos de las industrias de transformación de dichos productos. Entre los residuos se pueden citar purines, estiércol, residuos agrícolas o excedentes de cosechas, etc. (*Martí, 2006*).

Los objetivos de los digestores anaeróbicos son destruir una porción significativa de los sólidos volátiles en los lodos y minimizar la putrefacción de los lodos. Los principales productos de digestores anaeróbicos son el biogás y los inocuos sólidos de lodos digeridos. El biogás se compone principalmente de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) (*Martí, 2006*).

A nivel nacional de acuerdo a estadísticas (SIAP, 2013) en México hay más de ocho millones de cabezas de ganado bovino, las cuales producen aproximadamente más de ciento setenta mil toneladas anuales de estiércol. Parte de estas excretas son utilizadas como abono para los suelos, pero la parte que no es ocupada representa un grave problema para el medio ambiente.

El uso de la digestión anaerobia es una alternativa viable para el tratamiento de los residuos de la industria de ganado bovino, esta tecnología puede contribuir sustancialmente para el tratamiento de estos residuos a través de una fermentación y posteriormente la obtención de biogás, el cual contribuirá a la conservación del medio ambiente y el costo-beneficio puede ser de gran interés debido a que se puede obtener energía limpia la cual sustituya a las energías convencionales.

Diversos trabajos han estudiado los residuos de ganado bovino como objetivo de este trabajo se realizaron cinéticas de degradación de las excretas de ganado bovino, monitoreando sus características, comportamiento, para definir y cuantificar los parámetros con el fin de conocer la mejor degradación de la materia y las condiciones óptimas para obtener la mayor producción de biogás para su aprovechamiento.

Metodología

Caracterización de las excretas e inóculo

La Tabla 1 muestra los parámetros medidos en la caracterización de las excretas e inóculo y las técnicas empleadas para el análisis.

Tabla 1. Parámetros medidos en la caracterización de las excretas e inóculo	
Determinación	Unidad y método
DQO total	mg/L
DQO soluble	Micrómetro Colorimétrico 5220 D Standard Methods
ST	g/L
SV	PROY-NMX-AA-034/1-SCFI-2008
pH	--- Método potenciométrico 4500-H+B de Standard Methods

Materiales

Las cinéticas de degradación se realizaron en reactores de 250 mL, se utilizó manguera flexible para la toma de muestra y biogás.

Preparación de las excretas como sustrato de las cinéticas

Para preparar las excretas se realizó una dilución 1:3, antes de alimentar el sustrato se retiraron todos los residuos como las piedras o pastura que no fue degradada y que pudiese interferir con el desarrollo del experimento.

Inóculo

El inóculo que se utilizó en las cinéticas, se obtuvo de la salida del reactor de geomembrana, el cual se encuentra localizado en una granja de ganado bovino pequeña ubicada en la colonia Barrio Nuevo de Orizaba Veracruz.

Nota.- Para el montaje de cada cinética el sustrato (excretas bovinas), como el inóculo fueron muestras nuevas.

Relación sustrato-inóculo

La Tabla 2 muestra la relación sustrato-inóculo empleada para el montaje de las cinéticas en las proporciones utilizadas para conocer la biodegradabilidad de las excretas, estas pruebas se realizaron por duplicado.

Tabla 2. Relación sustrato-inóculo		
Cinética	Excretas (%)	Inóculo (%)
1	0	100
2	80	20
3	70	30
4	60	40
5	50	50

En cada una de las cinco cinéticas montadas el volumen útil para cada reactor fue de 250 mL, con un espacio para la cámara de biogás de 60 mL.

Monitoreo de las cinéticas

En la Tabla 1 se muestran las diferentes pruebas fisicoquímicas que se realizaron a las cinéticas. Estos parámetros fueron determinados cada 24 horas, el periodo de duración de las cinéticas fue de entre 10 y 15 días, las cinéticas concluyeron cuando estas llegaban a la máxima degradación de la materia orgánica.

Captación de biogás

El biogás generado por las cinéticas se cuantificó a través de un sistema de desplazamiento de agua en tanques de 1 L.

Resultados y discusión

Caracterización de las excretas e inóculo.

En la Tabla 4 se muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica inicial a las excretas bovinas e inóculo, estos resultados sirvieron para establecer las relaciones excreta – inóculo que se plantearon al inicio de este trabajo, debido a que la DQO y sólidos en sus dos formas presentan mayores concentraciones en las excretas, así se pudo dosificar la carga orgánica de las cinéticas de biodegradabilidad.

Tabla 3. Caracterización de las excretas e inóculo		
Parámetro	Excretas	Inóculo
DQO Total (g/L)	11.53	10.12
DQO Soluble (g/L)	4.48	3.77
ST (g/L)	14.17	11.73
SV (g/L)	10.33	10.14
pH	8.00	7.86

DQO total y soluble (% de remoción).

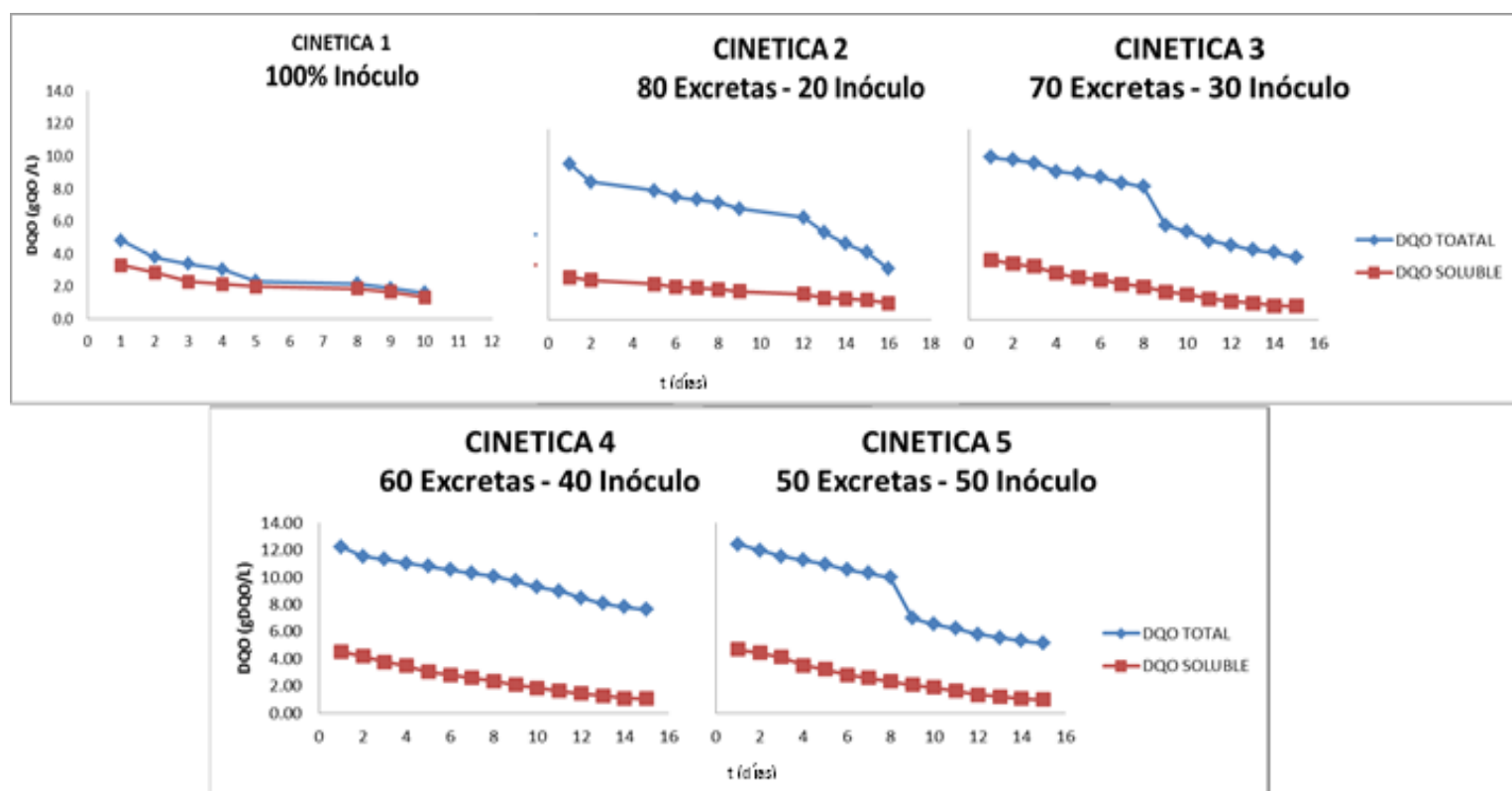


Figura 1. Remoción con base a la DQO

En la Figura 1 se presentan los resultados de los comportamientos de las cinco cinéticas respecto a la remoción con base en la DQO_{total} y DQO_{soluble}. Como se puede observar en la cinética 1 solo logro alcanzar una remoción del 54%. Para la cinética 2 la remoción de la materia orgánica se mantuvo cercana al comportamiento de la anterior con una remoción del 53%. Tanto en la cinética 1 y 2 podemos observar que hubo una baja remoción,

esto se pudo deber a que hubo un pH bajo y las cinéticas se vieron afectadas. Para la cinética 3 la degradación de la materia tuvo un aumento significativo con respecto a la anterior, obteniendo una remoción del 76% de la materia orgánica en un periodo de 12 días. Para la cinética 4, el comportamiento fue muy similar al de la cinética 3, teniendo el mismo porcentaje de remoción de la materia. Para la cinética 5 y última alcanzó una remoción de la materia orgánica del 78%, superando a todas las anteriores cinéticas, pero su producción de biogás fue menor en comparación a la cinética 3 y 4. En las últimas tres cinéticas podemos ver que su remoción se incrementó significativamente esto se pudo deber al aumento de pH lo cual favoreció el proceso de degradación de las cinéticas.

Rico, 2011 realizo un estudio en una planta piloto con la fracción liquida de las excretas bovinas alcanzando una remoción con base a su DQO de 70% de materia removida. Los resultados que se obtuvieron en este trabajo contrastan o son similares a los presentados por Rico en 2011, esto se puede deber a que las excretas bovinas son un sustrato que adaptable a las condiciones del medio que se le presenten.

ST y SV (% de remoción)

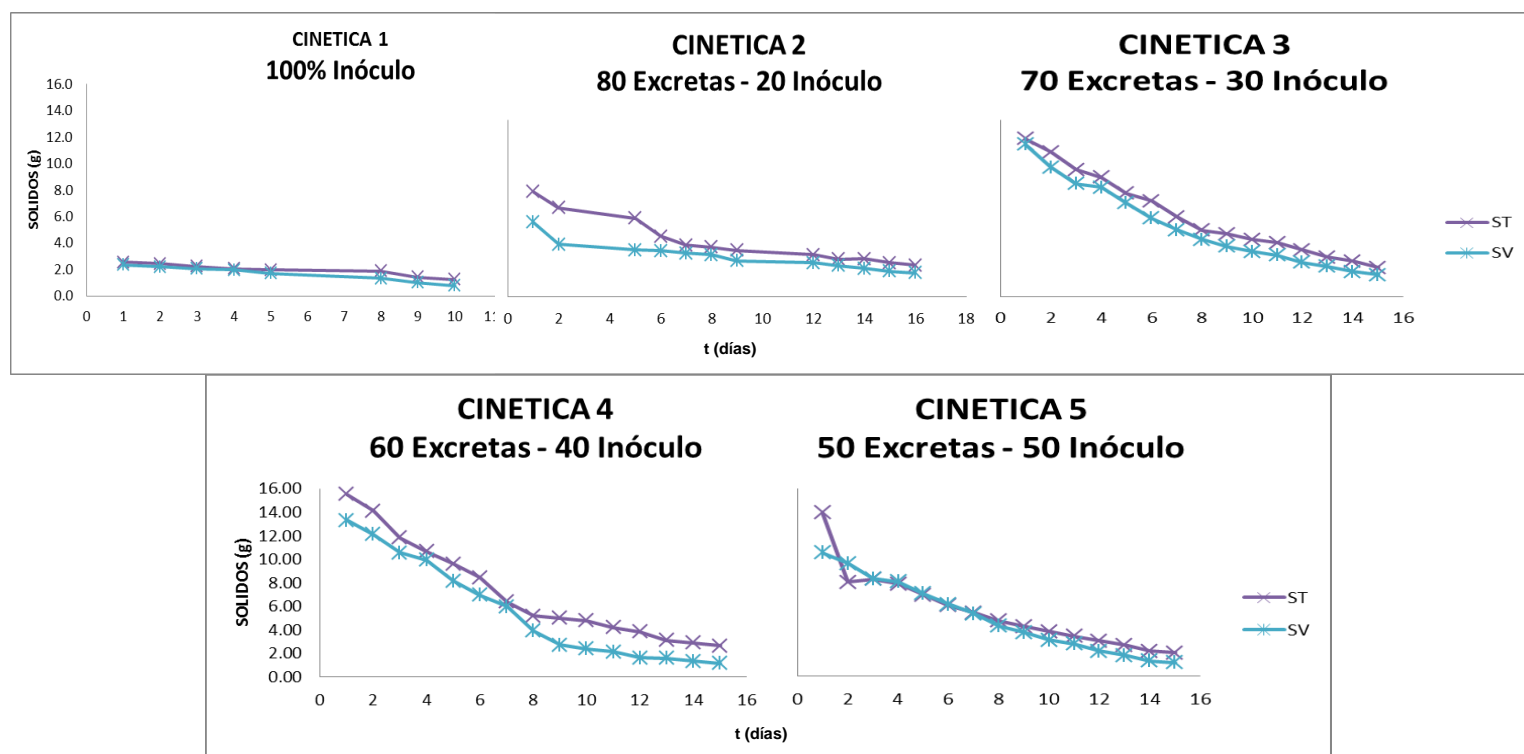


Figura 2. Remoción con base a solidos totales y volátiles

Los sólidos también son un buen parámetro indicativo del comportamiento de la remoción de la materia orgánica. En la Figura 2 podemos observar que en la cinética número 1, la remoción de solidos totales y volátiles fue mínima teniendo una degradación de materia orgánica lenta obteniendo una remoción del 49 y 64% respectivamente. En cuanto a la cinética 2, se puede observar un mejor comportamiento de degradación de materia en forma gradual y mejorando a la cinética 1, esta logro una remoción de SST=67% y SSV=65%, como se puede observar de igual modo que en la DQO, la remoción de solidos de las dos primeras cinéticas fue muy similar en solidos volátiles esto por las condiciones del medio como el pH. Para el caso de la cinética 3, esta tuvo un resultado satisfactorio debido a que se logró alcanzar una remoción para ST del 81% y de SV del 85% mostrando así un buen comportamiento y una buena producción de biogás. Para la cinética número 4 de igual modo que la cinética numero dio resultados positivos en la experimentación alcanzando valores de remoción de ST=82% y SV=91% también obtuvo una buena producción de biogás. Para la cinética 5 la degradación de la materia tuvo buenos resultados obteniendo valores para ST del 85% y para SV del 89%. Como se puede observar en las últimas tres cinéticas el incremento en la remoción fue significativo alcanzando valores entre 80

y 90% de la degradación, con respecto a las primeras dos cinéticas que sus valores estuvieron por debajo del 70%, esto se pudo deber a la influencia del pH sobre las muestras que estuvo por arriba del neutro y favoreció el proceso de degradación.

Yin, 2014 presento un estudio sobre la digestión anaerobia de la mezcla de excretas de ganado porcino y bovino, las cuales se realizaron en reactores de 1 L teniendo remoción de solidos totales del 41.5% y de solidos volátiles del 78.9%. Los resultados de solidos obtenidos en este trabajo difieren de los presentados por Yin en 2014 debido a que la mejor remoción alcanzada fue en la cinética 4, con valores entre 80 y 90% en solidos totales y volátiles respectivamente, seguida de la cinética 3 que sus valores fueron entre 80 y 85%, esto se pudo deber a la condición del pH que tuvo influencia en el proceso de degradación.

Comportamiento del pH.

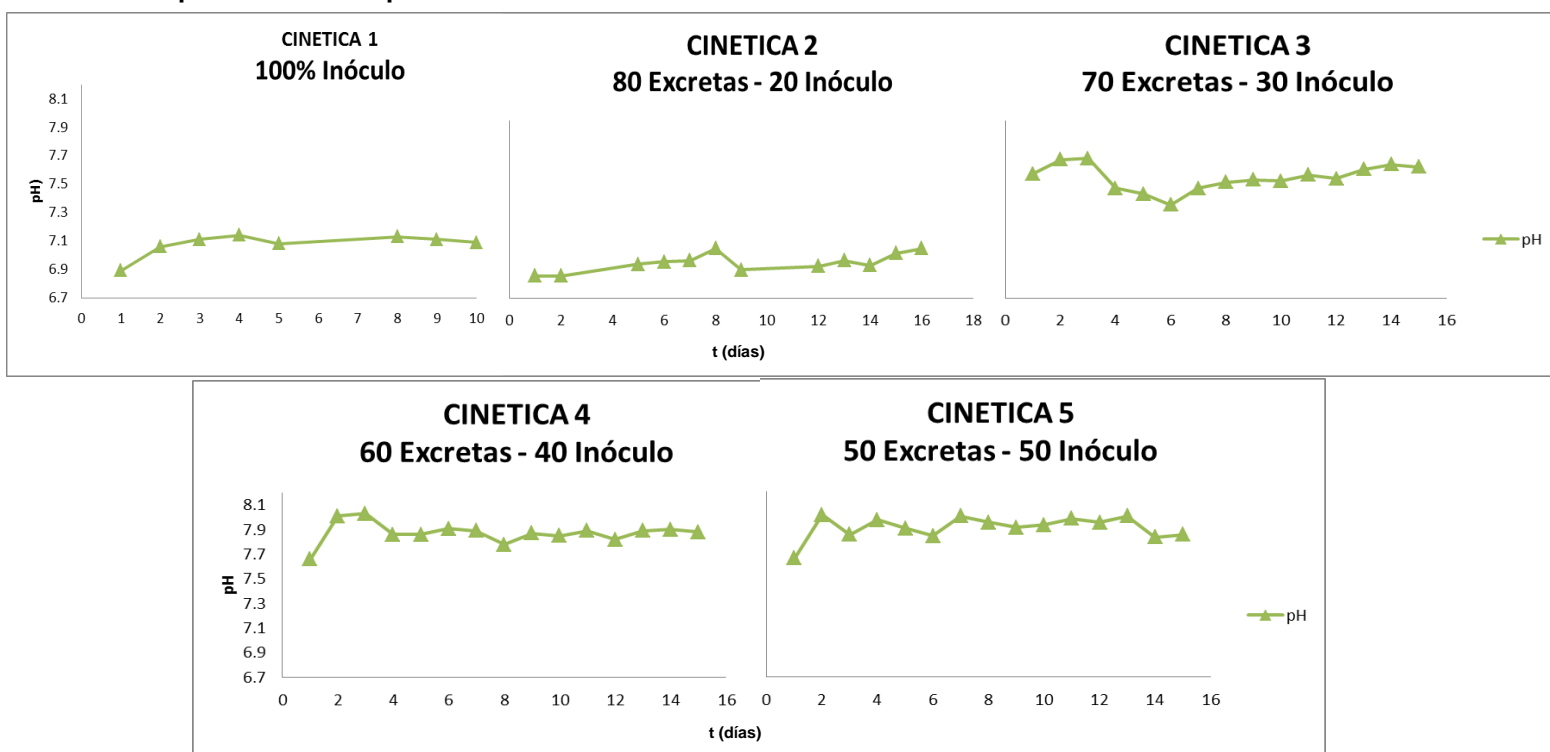


Figura 3. Comportamiento de pH en las cinéticas

Uno de los parámetros que indican de manera inmediata como es el comportamiento de un reactor es el pH. Para el correcto funcionamiento de la digestión anaerobia es necesario un pH neutro o cercano a él, en la Figura 3 podemos observar el comportamiento del monitoreo diario de las cinco cinéticas con base al parámetro de pH, en la cinética 1, se puede observar que el pH oscila entre valores de 6.9 y 7.1. Para la cinética número 2 se puede observar que tuvo valores similares a la primer cinética, a pesar de que son valores cercanos a un pH neutro no favoreciendo mucho a la digestión anaerobia esto se pudo reflejar en la producción de biogás. Para la cinética 3, podemos observar que el pH se incrementó considerablemente con respecto a las primeras dos cinéticas, los valores de esta cinética se encontraron entre 7.5 y 7.9. Para la cinética numero 4 los valores obtenidos oscilaron entre 7.8 y 8.0. Por ultimo en la cinética 5 los valores se fueron similares a la cinética 4 los cuales estuvieron entre 7.8 y 8.0. Analizando el comportamiento del pH podemos decir que las primeras dos cinéticas su pH estuvo por debajo del neutro, esto se pudo deber a que la concentración del inoculo y su pH influyeron directamente en el proceso de degradación de las cinéticas, por otra parte las cinéticas 3, 4 y 5 se vieron favorecidas con un pH de entre 7.5 y 8, esto favoreció el proceso de digestión, la remoción de la materia y la producción de biogás

Yin, 2014 realizo un estudio en reactores de 1 L de la mezcla de excretas porcinas y bovinas, presentando en sus experimentos un pH que oscila entre 6.4 y 7, en condiciones mesofílicas con una temperatura de 35° C, los resultados obtenidos en este trabajo muestran una diferencia significativa en los valores de pH en las cinéticas 3, 4 y 5, como resultado podemos observar que las excretas bovinas tuvieron mejor a un pH por encima del neutro lo cual influyo en la degradación de la materia, el proceso de digestión anaerobia y la producción del biogás.

Producción diaria de biogás.

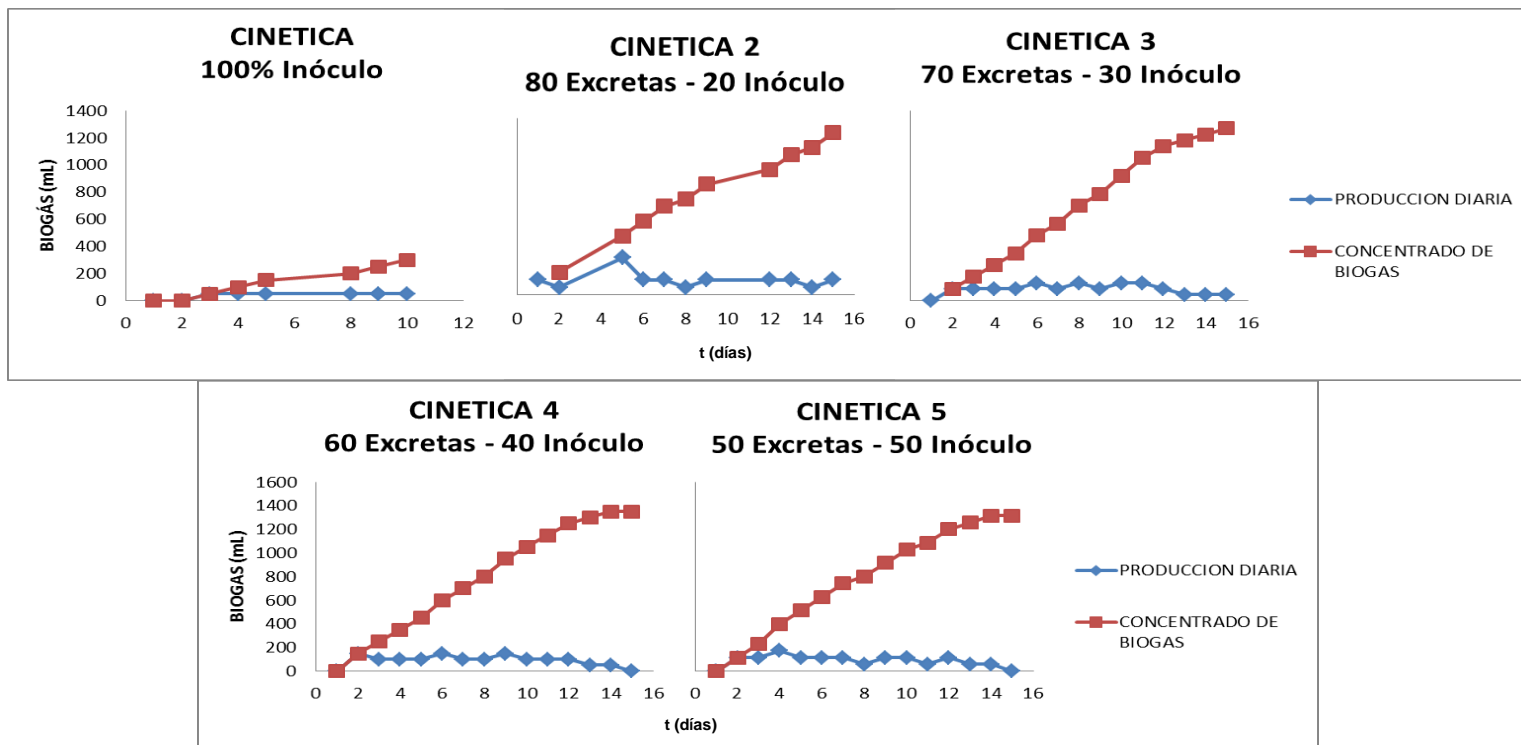


Figura 4. Producción diaria y concentrado de biogás (mL)

En la Figura 4 se muestran los resultados de la producción diaria y del concentrado de biogás durante todo el periodo de monitoreo de las cinéticas. Para la cinética 1, se puede observar una tendencia lineal y baja producción de biogás obteniendo a penas 50 mL diarios de biogás. En la cinética 2 hubo una mayor producción teniendo valores entre 100 y 250 mL de biogás, (el pico de 250 mL fue debido a que se monitoreo al tercer día con respecto de la medición anterior), como se puede observar en las dos primeras cinéticas hubo una diferencia considerable en la producción de biogás, tratando únicamente el inoculo y la mezcla excretas-inóculo. Para la cinética numero 3 podemos observar que la producción fue medianamente uniforme obteniendo un volumen entre 100 y 150 mL de biogás diarios. Para la cinética 4 se puede observar al igual que en la cinética anterior valores similares y una tendencia uniforme de metano obtenido. En la cinética 5 se obtuvieron valores entre 50 y 100 mL teniendo una tendencia poco variable. Analizado el comportamiento de la producción de biogás podemos observar que la mejor respuesta se tuvo realizando la mezcla excretas-inoculo y que la cinética 3 con una relación 70-30 respectivamente fue la que mostro mejores resultados, logrando obtener un concentrado de biogás de 1450 mL.

Yin, 2014 presento en un estudio realizado en reactores de 1 L obtuvo un volumen de 4600 mL en el día 15, haciendo una relación con reactores de 250 mL la producción de biogás seria de 1100 mL. Los resultados obtenidos en el presente trabajo son similares a los presentados por Yin, en 2014 pero con la diferencia que en condiciones de pH por arriba del neutro favorece un mejor comportamiento de las excretas y una mayor producción de biogás como la obtenida en la cinética la cual obtuvo un valor de 1300 mL de biogás producidos al concluir la cinética.

Nota. En cada una de las cinéticas se presentan valores de cero en producción de biogás, esto debido a que la cinética fue analizada desde el primer día que se montó y por lo tanto en este primer día no hubo producción de biogás, si no 24 horas después.

Trabajo a futuro

Se realizarán cinéticas de degradación de la mezcla excretas-inóculo en co-digestión con residuos sólidos urbanos, para obtener la mejor combinación en diferentes relaciones a analizar, el mejor comportamiento y producción de biogás.

Se realizará la caracterización de ambos sustratos (excretas y residuos sólidos urbanos) además del inóculo a utilizar durante las cinéticas.

Se realizará el monitoreo diario de la producción de biogás y se analizará su composición mediante cromatografía de gases para conocer el porcentaje real de metano.

Conclusiones

El proceso de digestión anaerobia representa un método viable para dar tratamiento a las excretas de ganado bovino para su aprovechamiento teniendo un efecto positivo para la producción de energía. De acuerdo a los resultados obtenidos en las cinéticas de degradación, se puede observar que la mejor remoción se obtuvo en las cinéticas número 3 con porcentaje (70-30%) y 4 (60-40%), obteniendo remociones entre 60 y 80% con base a su DQO total y soluble. De igual modo estos resultados los corroboramos con la degradación obtenida en los sólidos totales y sólidos volátiles con porcentajes de entre 70 y 80%. La producción de biogás obtenida en las cinéticas 3 y 4 alcanzaron valores de 1300 y 1250 (mL) respectivamente.

Otra condición a mencionar durante las cinéticas es el pH, para este caso se puede considerar de acuerdo a la cinéticas 3 y 4 que el proceso de digestión anaerobia para el tratamiento de las excretas se ve favorecido en un pH entre 7.5 y 8.

Referencias

1. C Bastone, D.J., Keller, I. Angelidaki, S.V. Kalyuzhnyi, S.G. Pavlostathis, A. Rozzi, W.T.M. Sanders, H. Siegrist y V.A. Vavilin, (1999) *The IWA Anaerobic Digestion Model No 1 (ADM1)*, IWA Publishing
2. Iglesias M. L. (1994) *El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente*. Ministerio de agricultura pesca y alimentación, secretaria general de estructuras agrarias.
3. Larios C. A. y Ponce Osmer (2011) *Manejo de residuos sólidos*. Hondupalma y SNV
4. Marti O. N. (2006). *Phosphorus Precipitation in Anaerobic Digestion Process* Universidad-Publishers. Florida USA.
5. Rico C., Rico J:L., Tejero I., Muñoz N., Gomez B., (2011) *Anaerobic digestion of the liquid fraction of dairy manure in pilot plant for biogas production: Residual methane yield of digestate*. Waste Management 31:2167–2173
6. SEMARNAT (Secretaria de medio ambiente y recursos naturales) 2012. Consulta de indicadores de producción de ganado bovino www.semarnat.gob.mx
7. Yin D., Liu W., Zhai N., Yang G., Wang X., Feng Y., Ren G., (2014) *Anaerobic digestion of pig and dairy manure under photo-dark fermentation condition*. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi Province 712100, China. Bioresource Technology 166:373–380.

Análisis termodinámico y de emisiones contaminantes de un motor Diesel experimental con biodiesel como combustible

V. H. Castillo Barragán¹, R. Lugo Leyte^{1*}, E. V. Torres González^{1*}, A. Torres Aldaco¹, H. D. Lugo Mendez¹

¹Área de Ingeniería en Recursos Energéticos, Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina, 09340, Iztapalapa, D.F., México.

*lurl@xanum.uam.mx, etorres@xanum.uam.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En el presente trabajo se estudia el desempeño y las emisiones de un motor diesel utilizando diesel y mezclas de biodiesel. Para lograr este fin, se compara el diesel y las mezclas de biodiesel B5, B10 y B20 mediante parámetros de desempeño y de emisiones del motor. Los resultados muestran que el mejor desempeño del motor se tiene al aumentar la relación de compresión debido al incremento del trabajo motor y de la eficiencia térmica. Además, se tiene que: las mayores eficiencias térmicas son para B10 con 17.5% a velocidades de giro de 1,500 rpm a 1,600 rpm; los menores consumos específicos de combustible están para el B10 con 0.47 kg/kWh en el rango de 1,500 rpm a 1,600 rpm; las mayores potencias se logran con B20 con 561 W a 1,603 rpm, seguida del B10 con 550 W a 1,550 rpm. En el análisis de emisiones del motor, a medida que la velocidad de giro aumenta, las emisiones de CO, CO₂, e inquemados disminuyen, así como la opacidad.

Palabras clave: Biodiesel, Emisiones, Motor diesel.

Abstract

This paper shows a study comparing performance and exhaust emissions from a diesel engine running on diesel and biodiesel fuel blends (B5, B10 y B20). For this purpose, the performance and emissions indicators have been evaluated in comparison to pure diesel. The result shows that the performance of the diesel engine increases as the compression ratio increases, due to increased work output and thermal efficiency. Furthermore, the highest thermal efficiency is 17.5% for B10 with engine speeds of 1,500 rpm to 1,600 rpm; the lowest specific fuel consumption is 0.47 kg / kWh for the B10 with in the range of 1,500 rpm to 1,600 rpm; the highest powers are 561 W at 1,603 rpm and 550 W at 1,550 rpm in case of B20 and B10, respectively. In the analysis of engine emissions, the CO, CO₂ and unburned hydrocarbons emissions increased when engine speeds was increased from 1,200 rpm and 1,800 rpm. The change of engine speeds from 1,200 rpm to 1,800 rpm resulted in increase of opacity.

Introducción

Un motor diesel es similar a un motor de gasolina, es decir, ambos motores son reciprocantes y de combustión interna debido a que queman una mezcla aire-combustible dentro de su dispositivo cilindro-émbolo. Además, la mayoría de sus partes mecánicas son semejantes, sin embargo, para generar una misma potencia, el motor diesel es más robusto, para que pueda resistir las mayores fuerzas dinámicas ocasionadas por sus presiones de combustión más elevadas. Estas presiones de combustión son mayores, ya que sus relaciones de compresión son más elevadas. Por otra parte, en los motores diesel, solamente el aire se comprime durante la carrera de compresión, eliminando la posibilidad de autoencendido ya que después se inyecta el combustible. Por lo tanto, los motores diesel pueden ser diseñados para operar a relaciones de compresión más altas, entre 12:1 y 24:1. Esto es uno de los factores para que los motores diesel sean más eficientes. En cualquier motor, la velocidad y la potencia son función directa de la cantidad de combustible quemada en los cilindros, de tal manera que, los motores diesel no son autolimitados, porque el aire que entra en el motor siempre corresponde a su máxima cantidad [Zhao, 2010].

Con relación al comportamiento de un motor diesel con mezclas de biodiesel, se han realizado estudios comparando las mezclas biodiesel-diesel con el diesel puro mediante parámetros de desempeño y de emisiones en un motor diesel. Los resultados obtenidos varían de acuerdo al tipo y mezcla de biodiesel utilizado, de tal manera que, en algunos casos se tienen resultados favorables en el uso del biodiesel en comparación con el diesel puro. Un gran número de investigaciones reportan que el biodiesel mejora la combustión en el motor. Por un lado, las potencias al freno obtenidas para las mezclas de biodiesel son ligeramente más bajas que el diesel puro, de tal manera que, un aumento en el contenido de biodiesel para las mezclas ocasiona una menor potencia al freno. Por otra parte, el torque se reduce al aumentar el contenido de biodiesel. Sin embargo, estudios muestran que para mezclas con mayor número de cetanos se mejora la combustión y, por lo tanto, se obtienen valores de torque más elevados. Además, la mayoría de los autores reportaron que un aumento del consumo específico de combustible se puede lograr al utilizar biodiesel con mayor densidad, viscosidad y poder calorífico en comparación con el diesel puro. Se tiene reportado que el uso de biodiesel como combustible en motores diesel provoca una reducción significativa del material particulado, los inquemados y las emisiones de CO. [Ong y col., 2014], [Ramadhas y col., 2005], [An y col., 2012], [Aydin y col., 2009], [Wan y col., 2015].

Metodología

Materiales

Para realizar el estudio con las mezclas biodiesel-diesel, se utilizó un motor diesel experimental modelo TQ-Plint "Merlín 2" con las características de diseño: un motor monocilíndrico de cuatro tiempos; enfriamiento del motor con aire; operación desde un dinamómetro a una velocidad máxima de 2,400 rpm con una potencia generada de alrededor de 1.5 kW; una relación de compresión de 19 y un volumen de barrido o desplazado del cilindro de 0.28 litros, correspondiendo a un diámetro de 73 mm y una carrera de 67 mm, como muestra la Figura 1.



Figura 1. Modulo experimental del motor diesel.

El ciclo diesel se compone de los siguientes procesos: una compresión isoentrópica de 0.78 bar a 48.12 bar (proceso 1-2); un suministro de calor realizado a presión constante (proceso 2-3); una expansión isoentrópica de 48.12 bar a 2.05 bar (proceso 3-4); y un desecho de calor a volumen constante (proceso 4-1). Las Figuras 2 y 3 muestran los diagramas temperatura-entropía y presión-volumen del ciclo diesel, respectivamente.

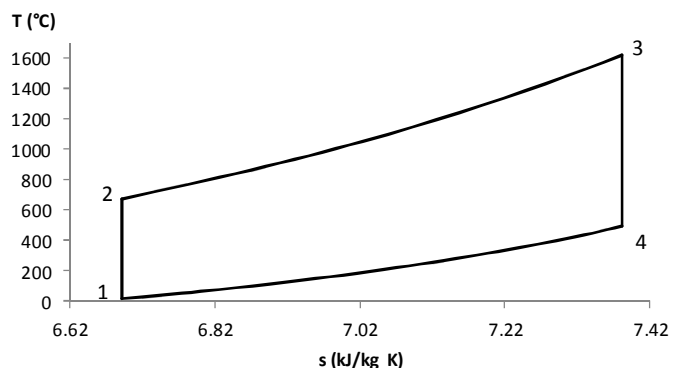


Figura 2. Diagrama temperatura-entropía del ciclo diesel.

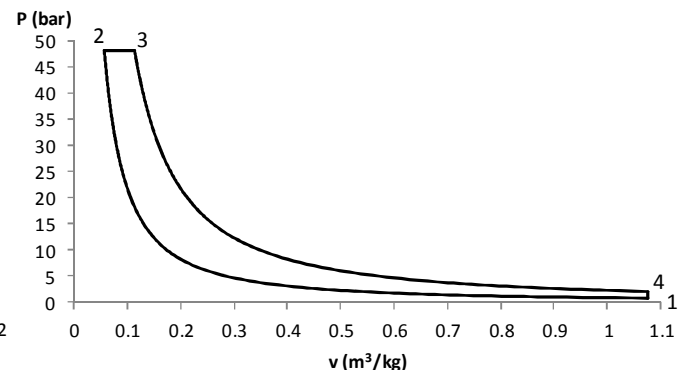


Figura 3. Diagrama Presión-volumen del ciclo diesel.

Los parámetros de diseño utilizados para el análisis del desempeño del motor diesel son:

-La relación de compresión es la relación entre los volúmenes al inicio y final del proceso de compresión

$$r = \frac{V_1}{V_2}, \tag{1}$$

-La relación de corte o combustión es la relación entre los volúmenes a la salida y a la entrada del proceso de suministro de calor

$$r_c = \frac{V_3}{V_2}, \tag{2}$$

Las expresiones utilizadas para el cálculo de las propiedades termodinámicas del ciclo diesel en función de las condiciones de entrada, T_1 y P_1 , y de las relaciones de compresión y de corte o combustión se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Expresiones para el cálculo de los estados termodinámicos del ciclo diesel.

Edo	T (K)	P (kPa)	v (m^3/kg)	u (kJ/kg)	s (kJ/kg K)
1	T_1	P_1	$\frac{R_{aire} T_1}{P_1}$	$c_v (T_1 - T_{ref})$	$s_{ref} + c_p \ln\left(\frac{T_1}{T_{ref}}\right) - R_{aire} \ln\left(\frac{P_1}{P_{ref}}\right)$
2	$T_1 r^{\gamma-1}$	$P_1 r^\gamma$	$\frac{R_{aire} T_1}{P_1 r}$	$c_v (T_1 r^{\gamma-1} - T_{ref})$	$s_1 + c_v \ln r^{\gamma-1} + R_{aire} \ln r$
3	$T_1 r^{\gamma-1} r_c$	$P_1 r^\gamma$	$\frac{R_{aire} T_1 r_c}{P_1 r}$	$c_v (T_1 r_c r^{\gamma-1} - T_{ref})$	$s_2 + c_p \ln r_c$
4	$T_1 r_c^\gamma$	$P_1 r_c^\gamma$	$\frac{R_{aire} T_1}{P_1}$	$c_v (T_1 r_c^\gamma - T_{ref})$	$s_3 + c_v \ln\left(\frac{r_c}{r}\right)^{\gamma-1} + R_{aire} \ln r$

Por otra parte, las expresiones de los parámetros que determinan el desempeño del motor diesel en función de las condiciones de entrada, T_1 y P_1 , y de las relaciones de compresión y de corte o combustión se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Ecuaciones para el cálculo de los parámetros de desempeño del ciclo diesel.

Proceso	w (kJ/kg)	q (kJ/kg)
1 - 2	$c_v T_1 (r^{\gamma-1} - 1)$	0
2 - 3	$R_{aire} T_1 r^{\gamma-1} (r_c - 1)$	$c_p T_1 r^{\gamma-1} (r_c - 1)$
3 - 4	$c_v T_1 r_c^\gamma \left(\left(\frac{r}{r_c} \right)^{\gamma-1} - 1 \right)$	0
4 - 1	0	$c_v T_1 (r_c^\gamma - 1)$
Ciclo	$\sum w$	$\sum q$

Por lo tanto,

-Para el trabajo motor del ciclo diesel se tiene

$$w_m = c_p T_1 \left(r^{\gamma-1} (r_c - 1) - \frac{r_c^\gamma - 1}{\gamma} \right), \tag{3}$$

- Para la eficiencia térmica del ciclo diesel

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{\gamma r^{\gamma-1}} \frac{(r_c^\gamma - 1)}{(r_c - 1)}, \tag{4}$$

Caso de estudio

Para este caso de estudio, se determinan los estados termodinámicos y los parámetros de desempeño del ciclo diesel estándar de aire con una relación de compresión de $r = 19$ y una relación de corte de $r_c = 2$, de acuerdo al manual del módulo de experimentación del motor diesel “Merlín 2”. Las propiedades del aire y las condiciones de referencia se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3. Propiedades del aire y condiciones de referencia.

C_p (kJ/kg K)	C_v (kJ/kg K)	R_{aire} (kJ/kg K)	γ	T_{ref} (K)	P_{ref} (kPa)	S_{ref} (kJ/kg K)
1.004	0.7171	0.2868	1.4	288.15	101.3	6.606

A la entrada del motor diesel, el aire se encuentra a las condiciones ambientales medidas, es decir, una temperatura ambiente y una presión atmosférica que son respectivamente

$$T_1 = T_{amb} = 18^\circ C = 291.15 K, P_1 = P_{atm} = 0.78 bar = 78 kPa.$$

Entonces, utilizando las expresiones de la Tabla 1 se obtienen los estados termodinámicos del ciclo diesel estándar de aire como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Estados termodinámicos del ciclo diesel de aire estándar.

Estado	$T(^{\circ}C)$	$P(bar)$	$v (m^3/kg)$	$u (kJ/kg)$	$s (kJ/kg K)$
1	18	0.78	1.076	2.1514	6.6917
2	672.25	48.12	0.0566	471.34	6.6917
3	1,618.31	48.12	0.1132	1,149.33	7.3862
4	495.46	2.05	1.076	344.37	7.3862

Por otra parte, con las ecuaciones de la Tabla 2 se obtienen los parámetros de desempeño del ciclo diesel estándar de aire que se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Parámetros de desempeño del ciclo diesel.

Procesos	$q (kJ/kg)$	$w (kJ/kg)$	$\Delta s (kJ/kg K)$
1-2	0	-656.87	0
2-3	949.18	458.87	0.6945
3-4	0	804.96	0
4-1	-342.22	0	-0.6945
Total	607.43	607.43	0

Por lo tanto, con las ecuaciones (3) y (4) se obtienen el trabajo motor y la eficiencia térmica del ciclo diesel, respectivamente:

$$w_m = 607.43 kJ / kg, \quad \eta_{th} = 63.94 \%$$

Resultados y discusión

Análisis paramétrico

En las Figuras 4 y 5 se muestra un análisis paramétrico de trabajo motor y la eficiencia térmica en función de las condiciones ambientales y las relaciones de compresión y combustión. En la Figura 4 se muestra que un aumento de la relación de compresión ocasiona que el trabajo motor por unidad de masa se incremente, por ejemplo, para una relación de combustión de 2, al pasar de una relación de compresión de 19 a 20, se tiene un aumento del 5.63% en el trabajo motor. Mientras que cuando la relación de combustión aumenta, el trabajo motor disminuye, de tal manera que, para una relación de compresión de 19, el trabajo motor disminuye en 70.88% al pasar la relación de combustión de 2 a 3.

Por otra parte, en la Figura 5 se tiene que a medida que la relación de compresión aumenta, la eficiencia térmica aumenta, por ejemplo, para una relación de combustión de 2, la eficiencia térmica se incrementa 0.73% al pasar de una relación de compresión de 19 a 20. Además, cuando la relación de combustión aumenta, la eficiencia térmica disminuye, de tal manera que, para una relación de compresión de 19, se tiene una disminución en 4.15% cuando la relación de combustión pasa de 2 a 3; y en 3.52% al pasar la relación de combustión de 3 a 4.

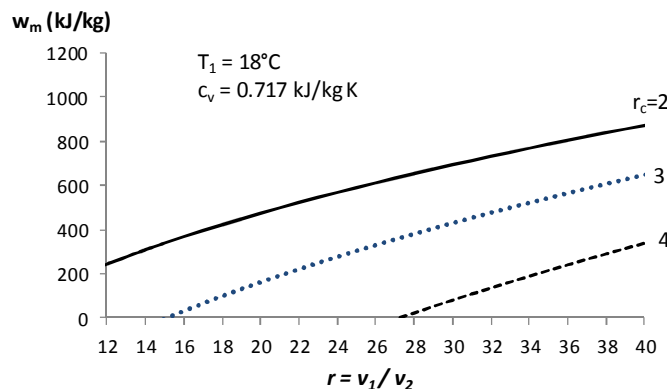


Figura 4. Trabajo motor en función de las relaciones de compresión y de combustión.

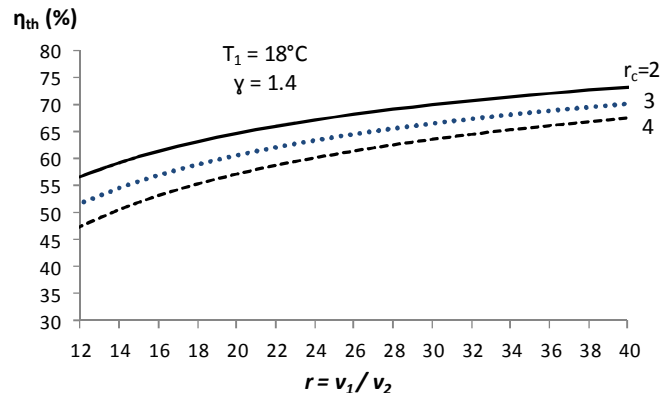


Figura 5. Eficiencia térmica en función de las relaciones de compresión y de combustión.

Efecto de las mezclas de biodiesel en los parámetros de desempeño del motor diesel

Los parámetros utilizados en este estudio para medir el desempeño del motor son: la potencia generada, el torque del motor, la eficiencia térmica y el consumo específico de combustible. Además, para las mezclas se realizó un análisis paramétrico de estos parámetros en función de la velocidad de giro del motor en un rango de operación de 1,200 rpm a 1,800 rpm.

- Potencia generada

La Figura 6 muestra el comportamiento de la potencia generada de un motor diesel con mezclas de B5, B10, B20 y diesel PEMEX en función de la velocidad de giro del motor. La mayor potencia generada se logra con el diesel PEMEX a una velocidad de 1,200 rpm con 570 W, sin embargo, para las mezclas con biodiesel, la mayor potencia generada se alcanza a la mezcla B20 con 561 W a 1,603 rpm, seguida de la mezcla B10 con 550 W a 1,550 rpm. Por otra parte, para el rango de velocidades de 1,505 rpm a 1,705 rpm, las potencias generadas utilizando las mezclas con biodiesel son mayores a las obtenidas con el diesel PEMEX. Además, para velocidades de giro mayores a 1,603 rpm, la potencia generada en el motor disminuye en todos los tipos de combustible.

- Torque del motor

La Figura 7 muestra el torque del motor diesel con las mezclas B5, B10, B20 y diesel-PEMEX con relación a la velocidad de giro del motor. El mayor torque se tiene con la mezcla B5 a una velocidad de 1,210 rpm con 2.9 Nm, sin embargo, a medida que aumenta la velocidad, usando esta mezcla, disminuye su torque. Además, los menores torques están a 1,808 rpm utilizando los cuatro tipos de combustibles, de tal manera que, se tiene el menor torque con 1.3 Nm para la mezcla B10.

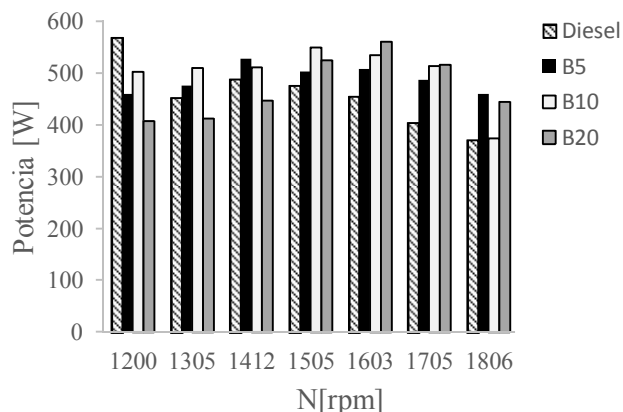


Figura 6. Potencia del motor con mezclas B5, B10, B20 y diesel-PEMEX a diferentes velocidades de giro.

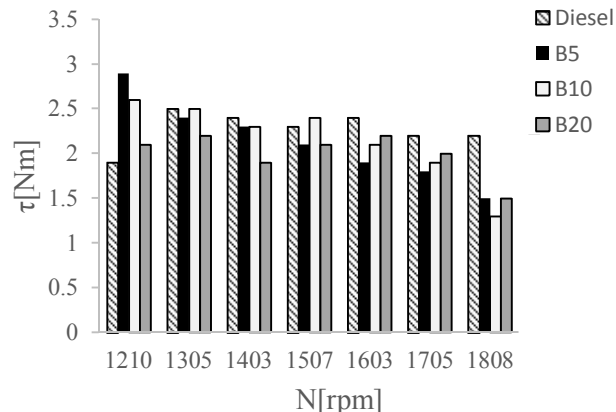


Figura 7. Torque del motor con mezclas B5, B10, B20 y diesel PEMEX a diferentes velocidades de giro.

- Eficiencia térmica

La Figura 8 muestra la eficiencia térmica del motor con mezclas B5, B10, B20 y diesel Pemex a diferentes velocidades de giro del motor. La mayor eficiencia térmica se tiene en el diesel Pemex a una velocidad de 1,911 rpm con 20.26%, sin embargo, para las mezclas con biodiesel, la mayores eficiencias térmica corresponden al B10 con 17.57% para 1,603 rpm y 17.51% para 1,507 rpm. Por otra parte, la menor eficiencia térmica se encuentra para el diesel PEMEX a 1,210 rpm con 9.35%.

- Consumo específico de combustible

La Figura 9 muestra el consumo específico de combustible en función de la velocidad de giro del motor con diferentes mezclas y diesel-PEMEX. Los menores consumos específicos de combustible se tienen para el B10 con 0.47 kg/kWh a 1,600 rpm y con 0.48 kg/kWh a 1,500 rpm. Por otro lado, el mayor consumo específico de combustible se tiene para el diesel PEMEX a 1,200 rpm con 0.89 kJ/kWh.

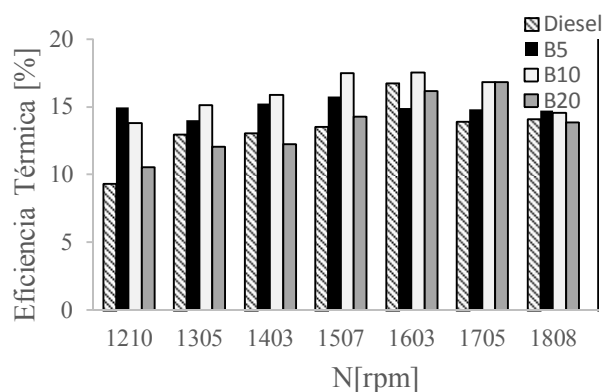


Figura 8. Eficiencia térmica del motor con mezclas B5, B10, B20 y diesel PEMEX a diferentes velocidades de giro.

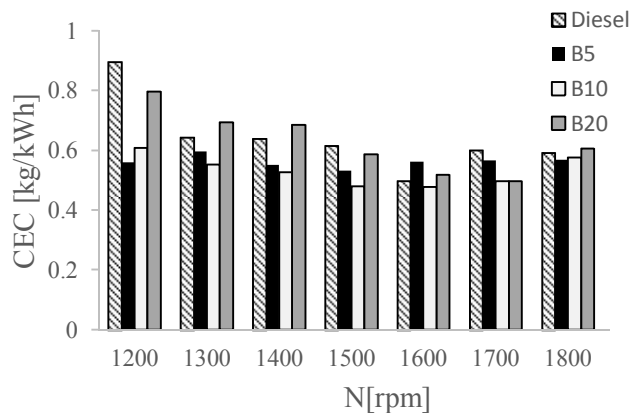


Figura 9. Consumo Específico de Combustible del motor con diferentes mezclas y velocidades de giro.

Efecto de las mezclas de biodiesel en los parámetros de desempeño del motor diesel

Emisiones contaminantes de la combustión de mezclas de biodiesel

Con la combustión del biodiesel en un motor, se proporciona la energía necesaria para generar trabajo mecánico, sin embargo, también se producen contaminantes como bióxido de carbono, CO₂, el monóxido de carbono, CO, inquemados, óxidos de nitrógeno, NO_x y material particulado. Las afectaciones causadas por estos contaminantes son: el CO₂ contribuye al calentamiento global; el CO reduce la capacidad de la sangre para absorber oxígeno y, en altas concentraciones, causa asfixia e inclusive la muerte; los inquemados son tóxicos y pueden reaccionar con los NO_x para formar el smog; y el material particulado causa problemas de

respiración, de visibilidad, y ensuciamiento de los suelos. Entonces, para las mezclas con biodiesel se realizó un análisis paramétrico para conocer las emisiones de CO, CO₂, inquemados HC y de la opacidad en función de la velocidad de giro del motor en un rango de operación de 1,200 rpm a 1,800 rpm.

- Emisiones de monóxido de carbono CO

La Figura 10 muestra el comportamiento de las emisiones de CO de un motor diesel con mezclas de B5, B10, B20 y diesel PEMEX en función de la velocidad de giro del motor. Para los cuatro tipos de combustibles, las mayores emisiones de CO se encuentran a 1,200 rpm, sin embargo, a medida que la velocidad de giro aumenta, las emisiones de CO disminuyen, por ejemplo, al cambiar la velocidad de 1,200 rpm a 1,300 rpm, las emisiones disminuyen en un 47.92% con diesel, 37.55% con B5, 115.63% con B10 y 21.26% con B20. Por otra parte, para las velocidades de giro de 1300 rpm, 1500 rpm, 1600 rpm y 1800 rpm, se tiene más emisión de CO debida a la mezcla B20, mientras para las otras velocidades, las mayores emisiones de CO corresponden al diesel PEMEX.

- Emisiones de bióxido de carbono CO₂

En la Figura 11 se muestran las emisiones del CO₂ en función de las velocidades de giro del motor. Cuando la velocidad de giro aumenta, las emisiones de CO₂ disminuyen, de tal manera que, aumentando la velocidad de 1200 rpm a 1300 rpm, las emisiones disminuyen en un 4.38% con diesel, 0.8% con B5, 2% con B10 y 7.78% con B20. Por otra parte, para las velocidades de giro de 1200 rpm, 1500 rpm, 1600 rpm, 1700 rpm, 1800 rpm y 1900 rpm, se tienen las mayores emisiones de CO₂ debidas a la mezcla B20, mientras para las otras velocidades la mezcla B5 tiene las mayores emisiones de CO₂.

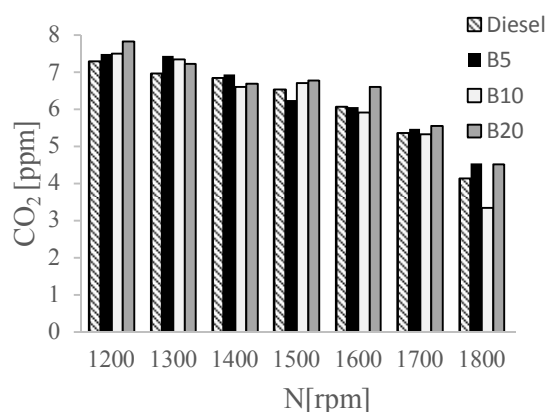
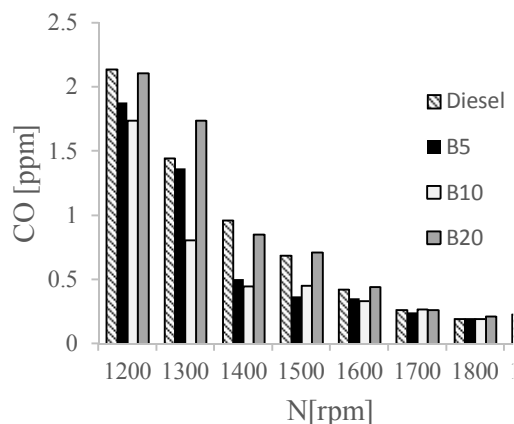


Figura 10. Emisiones de CO del motor con mezclas B5, B10, B20 y diesel PEMEX a diferentes velocidades de giro.

Figura 11. Emisiones de CO₂ del motor con mezclas B5, B10, B20 y diesel PEMEX a diferentes velocidades de giro.

- Inquemados HC

En la Figura 12 se muestra el comportamiento de los inquemados HC en función de las velocidades de giro del motor. A medida que la velocidad de giro se incrementa, los inquemados disminuyen, por ejemplo, aumentando la velocidad de 1200 rpm a 1300 rpm, las emisiones disminuyen en un 8.85% con diesel, 2.92% con B5, 13.7% con B10 y 1.54% con B20. Por otra parte, para las velocidades de giro de 1200 rpm, 1500 rpm, 1600 rpm, 1800 rpm, y 1900 rpm, se tienen la mayor producción de inquemados debida a la mezcla B20.

- Opacidad

En la Figura 13 se muestra la opacidad de los gases de combustión en función de las velocidades de giro del motor. Cuando la velocidad de giro se incrementa, la opacidad disminuye por la disminución de las emisiones contaminantes, tales como CO₂, CO e inquemados HC, de tal manera que, al aumentar la velocidad de 1200 rpm a 1300 rpm, la opacidad disminuye en un 5.84% con diesel, 3.31% con B5, 30.94% con B10 y 4.91% con B20. Por otra parte, para las velocidades de giro de 1400 rpm, 1500 rpm, 1600 rpm, 1700 rpm y 1800 rpm, se tienen las mayores opacidades debido al combustible diesel PEMEX.

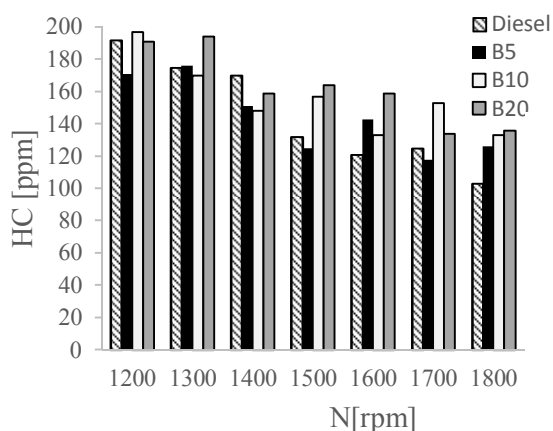


Figura 12. Emisiones de HC del motor para mezclas con biodiesel a diferentes velocidades.

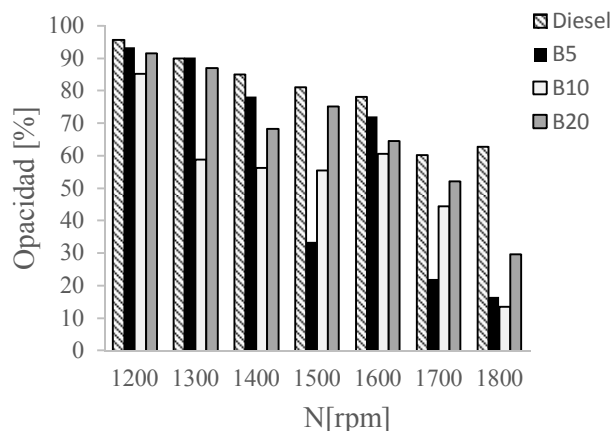


Figura 13. Opacidad de los gases de escape del motor para mezclas con biodiesel a diferentes velocidades.

Conclusiones

Un mejor desempeño del motor diesel se tiene al aumentar la relación de compresión debido a que provoca incrementos en el trabajo motor y en la eficiencia térmica. Mientras, el efecto contrario sucede cuando la relación de combustión aumenta, es decir, disminuyen el trabajo motor y la eficiencia térmica. Para los demás parámetros se tiene que: las mayores eficiencias térmicas son para la mezcla B10 con 17.57% para 1,603 rpm y 17.51% para 1,507 rpm; los menores consumos específicos de combustible se tienen para el B10 con 0.47 kg/kWh a 1,600 rpm y con 0.48 kg/kWh a 1,500 rpm; la mayor potencia generada se logra con la mezcla B20 con 561 W a 1,603 rpm, seguida de la mezcla B10 con 550 W a 1,550 rpm.

En el análisis de las emisiones del motor diesel se tiene que: para todos los combustibles usados, las mayores emisiones de CO se encuentran a 1,200 rpm, sin embargo, a medida que la velocidad de giro aumenta, las emisiones de CO disminuyen, indicando una combustión más completa; cuando la velocidad de giro aumenta, las emisiones de CO₂ disminuyen, sin embargo, para las velocidades de giro de 1200 rpm, 1500 rpm, 1600 rpm, 1700 rpm, 1800 rpm y 1900 rpm, se tienen las mayores emisiones de CO₂ debidas a la mezcla B20, mientras para las otras velocidades la mezcla B5 tiene las mayores emisiones de CO₂; a medida que la velocidad de giro se incrementa, los inquemados disminuyen. Sin embargo, para las velocidades de giro de 1200 rpm, 1500 rpm, 1600 rpm, 1800 rpm, y 1900 rpm, se tienen la mayor producción de inquemados debida a la mezcla B20; cuando la velocidad de giro se incrementa, la opacidad disminuye por la disminución de las emisiones contaminantes, tales como CO₂, CO e inquemados HC. Sin embargo, a las velocidades de giro de 1400 rpm, 1500 rpm, 1600 rpm, 1700 rpm y 1800 rpm, se tienen las mayores opacidades para el diesel.

Referencias

1. Zhao H. (2010). Injection combustion engine technologies and development. UK: CRC press.
2. Ong HC, Masjuki HH, Mahlia TMI, Silitonga AS, Chong WT, Yusaf T. (2014). Engine performance and emissions using Jatropha curcas, Ceiba pentandra and Calophyllum inophyllum biodiesel in a CI diesel engine. *Energy* (69) 427–445.
3. Ramadhas AS, Muraleedharan C, Jayaraj S. (2005). Performance and emission evaluation of a diesel engine fueled with methyl esters of rubber seed oil. *Renew Energy* (30) 1789–1800.
4. An H, Yang WM, Chou SK, Chua KJ. (2012). Combustion and emissions characteristics of diesel engine fueled by biodiesel at partial load conditions. *Applied Energy* (99) 363–371.
5. Wan Nor Maawa Wan Ghazali, Rizalman Mamat, H. H. Masjuki, Gholamhassan Najafi. (2015). Effects of biodiesel from different feedstocks on engine performance and emissions: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (51) 585–602.

Aprovechamiento de la materia orgánica presente en el lactosuero para la producción de bioenergéticos.

J. L. González-García[†], A. Alvarado-Lassmann, J. M. Méndez-Contreras, N. A. Vallejo-Cantú, A. Alvarado-Lassman**

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba Oriente 9 No. 852, Emiliano Zapata, 94320 Orizaba, Veracruz, México.

**joseelgarcia@hotmail.com*

*** lassman@prodigy.net.mx*

Área de participación: Ingeniería Ambiental.

Resumen.

En este trabajo se utilizó el lactosuero como sustrato para alimentar un reactor anaerobio híbrido con la finalidad de remover la mayor cantidad posible de materia orgánica presente en el mismo mediante el proceso de digestión anaerobia para la obtención de biogás. Algunos de los resultados que se muestran en este trabajo incluyen datos importantes como la caracterización del lactosuero y la estabilización del reactor híbrido empleado a través de los parámetros de control del reactor. Dichos resultados muestran que el lactosuero es un efluente con una gran cantidad de materia orgánica, la cual es aprovechable por medio de la digestión anaerobia para la producción de biogás, siempre que se siga un constante monitoreo y control del proceso.

Palabras clave: Lactosuero; reactor híbrido; digestión anaerobia; biogás.

Abstract.

In this work cheese whey was fed as substrate in an hybrid anaerobic reactor with the purpose of removing as much organic matter to produce biogas using the anaerobic digestion process. Some results showed in this paper are cheese whey characterization and hybrid reactor stabilization through the reactor control parameters. Results showed that cheese whey is an effluent which contains organic matter in large quantities that can be used by the anaerobic digestion process in biogas production, as long as constant monitoring and control is carried out.

Key words: cheese whey; hybrid reactor; anaerobic digestion; biogas.

Introducción.

La digestión anaerobia es un proceso biológico que ocurre cuando la materia orgánica (en forma líquida o de suspensión) es descompuesta por un grupo de bacterias en ausencia de oxígeno. Como resultado de este proceso se libera biogás (CH₄, CO₂, H₂, H₂S, etc.), el cual contiene principalmente 60% de metano y 40% de dióxido de carbono. Este gas puede ser recuperado, tratado y utilizado para la generación de energía en lugar de los combustibles fósiles tradicionales. El efluente remanente después de un proceso controlado de descomposición anaerobia es conocido como biosólido, el cual es rico en nutrientes (N, P, K, Ca, etc.), compuestos de difícil degradación y de olor casi nulo [EPA, 2014; IDAE, 2007].

El lactosuero es un subproducto de la producción de queso, este efluente es un líquido amarillado verdoso y puede ser considerado como leche libre de caseína y grasas [Carvalho *et al.*, 2013]. Dicho residuo tiene una alta Demanda Química de Oxígeno (DQO), lo cual representa una fuente potencial de energía; así mismo la incorrecta disposición de este residuo se traduce en una pérdida significativa de recursos y ocasiona serios problemas de contaminación [Kavacik y Topaloglu, 2010]. Se calcula que a partir de 10 L de leche de vaca se puede producir de 1 a 2 kg de queso y un promedio de 8 a 9 kg de suero. En el 2013 el United States Department of Agriculture (USDA) estimó una producción mundial de 17,830,000 T de queso, por otro lado el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) reportó una producción de 316,869 T a nivel nacional en el mismo año, lo anterior se traduce en una producción aproximada de 142,640,000 T de suero a

nivel mundial y alrededor de 2,534,952 T a nivel nacional. La alta capacidad contaminante del suero de leche y la gran cantidad de ácido láctico presente en él alteran significativamente los procesos biológicos que se llevan a cabo en las plantas de tratamiento aumentando los costos, por lo que para el tratamiento de suero lácteo, preferentemente se aplican tratamientos biológicos antes de que sea vertido a los suelos y ríos [Valencia-Denicia y Ramírez-Castillo, 2009]. Diferentes tipos de reactores anaeróbicos han sido utilizados en laboratorios para tratar el lactosuero. La mayoría de los reactores anaerobios probados han alcanzado una remoción muy satisfactoria de la DQO [Gelegenis *et al.*, 2007].

Los bioreactores híbridos para el tratamiento de aguas residuales se caracterizan por un diseño que permite combinar en un mismo equipo la biomasa en suspensión con la biomasa adherida, por lo que si se ajusta su diseño adecuadamente puede combinar las ventajas propias de los sistemas de biomasa en suspensión (robustez y fiabilidad) con las de los sistemas de biopelícula (alta capacidad de tratamiento de contaminantes). Dichos sistemas son especialmente útiles para el tratamiento de aguas residuales con alta carga de contaminantes orgánicos y nitrogenados. Las características anteriores permitirían la expansión de estos sistemas en plantas de tratamiento de aguas donde la disponibilidad de terreno no sea elevada, o en plantas de tratamiento donde se desee aumentar la capacidad de los sistemas biológicos, sin realizar modificaciones sustanciales de la obra civil [Oyanedel *et al.*, 2003].

Es por todo lo anterior que este trabajo tiene como objetivo evaluar al lactosuero como sustrato para ser incorporado en el proceso de digestión anaerobia en un reactor anaerobio híbrido para la obtención de un bioenergético.

Metodología.

Caracterización del lactosuero.

La Tabla 1 muestra los parámetros evaluados durante la caracterización del lactosuero y las respectivas técnicas empleadas para el análisis.

Tabla 1. Parámetros analizados.

Determinación	Unidad	Método
pH	----	Método potenciométrico 4500-H+B de Standard Methods
DQO total	mg/L	Micrométodo Colorimétrico 5220 D Standard Methods
DQO soluble	mg/L	
Agua	%	PROY-NMX-AA-034/1- SCFI-2008
SST	g/L	
SSV	g/L	
SSF	g/L	
% STV	%	

Adicionalmente se analizó la cantidad de grasas y aceites (g/L, %) en el lactosuero por el método descrito en la NMX-AA-005-SCFI-2013, así como la presencia de carbohidratos por el Método Antrona-Sulfúrico.

Acondicionamiento del lactosuero.

El lactosuero posee una gran cantidad de materia orgánica en suspensión que al ajustar el pH entre 7 - 7.5 empleando NaHCO₃ se aglomera y ocasiona problemas tanto a la parte bacteriana como a la parte física del reactor (taconamiento de mangueras de alimentación), por lo cual se procedió a acondicionar el lactosuero antes de ser alimentado al reactor híbrido. El lactosuero bruto se filtró por medio de una tela para retirarle parte de la nata, posteriormente se mantuvo en reposo durante 24 h previo a su alimentación a una temperatura de 4°C para evitar su fermentación y propiciar la separación de la fase insoluble en suspensión, la cual posteriormente se retiró.

Descripción del reactor híbrido.

El sistema consta de un tanque de mezcla de alimentación donde el suero de queso es diluido con agua hasta alcanzar la concentración de DQO soluble deseada; una bomba peristáltica de alimentación del reactor interconectada a una segunda bomba peristáltica de recirculación del reactor y salidas de efluente y biogás respectivamente. En la Tabla 2 se muestran las características generales del reactor híbrido empleado para este proyecto.

Tabla 2. Características del reactor híbrido.

Característica	Valor	Característica	Valor
Diámetro externo	8" (20.3 cm)	Altura útil	108 cm
Diámetro interno	19.12 cm	Volumen útil total	31 L
Altura total	120 cm	Volumen de lodos / soporte colonizado	10 L
% para cámara de biogás	10% (12 cm)	Volumen útil del reactor	21.7 L

Características generales del soporte utilizado.

El soporte empleado en la sección de lecho fluidizado se denomina Extendsphere™, el cual está formado por micro esferas de vidrio con una burbuja de aire en su interior que le proporciona una menor densidad que la del líquido a tratar [Alvarado-Lassman *et. al.*, 2008].

La sección del lecho fijo se encuentra conformada por una malla de polietileno a 15 cm de la parte superior del tubo del cuerpo del reactor la cual sostiene un soporte fijo que consiste en 1000 piezas de polietileno cilíndrico corrugado de 6 mm de diámetro por 22 mm de longitud de las cuales a 500 piezas se les aplicó un recubrimiento con un fondo de nitrocelulosa por inmersión para aumentar la rugosidad del material y experimentar la posible mejora de la adherencia bacteriana contra las 500 piezas que no fueron recubiertas con nitrocelulosa.

Monitoreo del reactor híbrido.

Durante la operación del reactor anaerobio híbrido se monitorearon los parámetros mostrados en la Tabla 1. Adicionalmente se midió el volumen de biogás diario (L/d) producido por el reactor empleando un método volumétrico por desplazamiento de agua.

Adición de micronutrientes al sustrato.

Como parte del proceso de estabilización se inició la adición de oligoelementos en la alimentación en las cantidades que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Micronutrientes adicionados para la estabilización del reactor híbrido [Aguilar-Montor, 2014].

Componente	Sustancia	Concentración mg/L
Oligoelementos	Cloruro de Potasio	0.5
	Cloruro de Cobalto	0.1
	Cloruro Ferroso	0.5
	Cloruro de Calcio	0.5

Resultados y discusión.

Caracterización del lactosuero.

En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos durante la caracterización del lactosuero bruto (sin tratamiento previo) que se empleó para preparar la dilución que serviría como sustrato para alimentar el reactor híbrido.

Tabla 4. Caracterización del lactosuero.

pH	3.51
DQO total	82,181 mg/L
DQO soluble	70,568 mg/L
Agua	95 %
SST	45.4 g/L
SSV	40.58 g/L
SSF	4.82 g/L
% STV	89.3 %
Grasas y aceites	5.51 g/L
% Grasas y aceites	0.55 %
Carbohidratos	39 g/L
% Carbohidratos	3.9 %

Arranque del reactor híbrido.

Como se puede observar en la Figura 2 desde el día 1 hasta el día 30 se mantuvo la Cva en un valor aproximado de 3 gDQOs/L-d, a partir del día 31 se procedió a incrementar la Cva hasta valores cercanos a 7 gDQOs/L-d y se controló adecuadamente por lo cual se aprecia estabilidad en el proceso.

PH de alimentación y salida del reactor.

La Figura 1 muestra que los valores de pH de entrada y salida del reactor son muy semejantes y cercanos a la neutralidad.

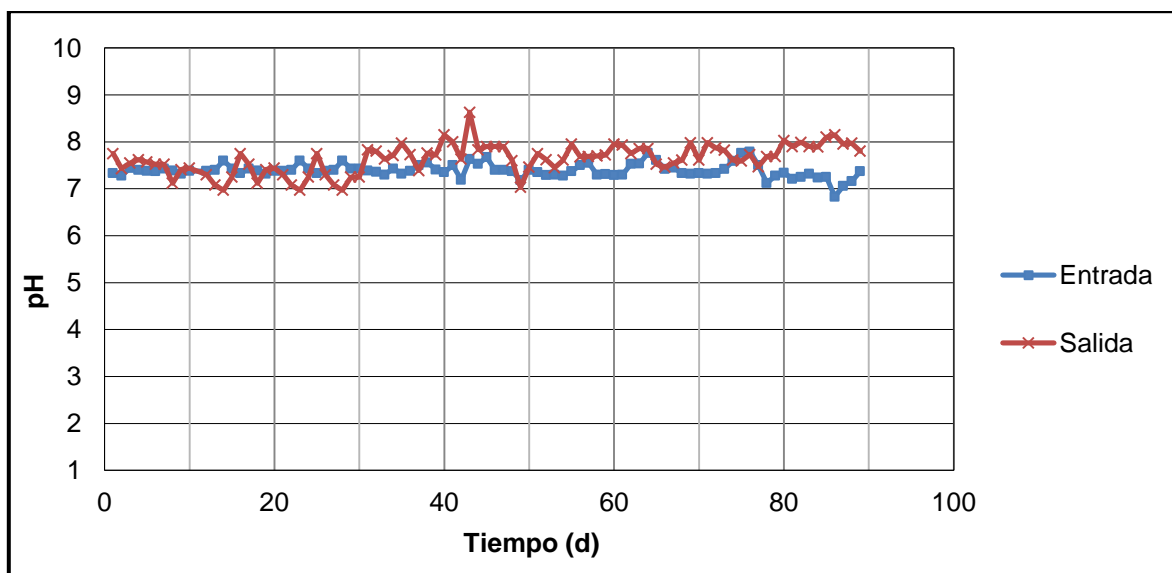


Figura 1. Comparación de pH de entrada y salida del reactor híbrido.

Remoción de DQO total y soluble en un reactor anaerobio híbrido.

En la Figura 2 se puede apreciar que la Cva del reactor se encuentra en aproximadamente 7 gDQOs/L-d y la remoción de la DQO hasta el momento ha alcanzado valores de entre 50 - 70%. Malaspina *et al.* (1995) emplearon un reactor híbrido de lecho fluidizado de flujo descendente-ascendente para el tratamiento de lactosuero obteniendo una remoción de la DQO del 98% con una Cva de alrededor de 10 gDQOs/L-d, mientras que Kavacik y Topaloglu (2010) realizaron una recopilación bibliográfica de algunos reactores empleados para el tratamiento de lactosuero entre los que se incluye el reactor de lecho fluidizado con una Cva de 7.7 gDQOs/L-d y una remoción de DQO del 90%.

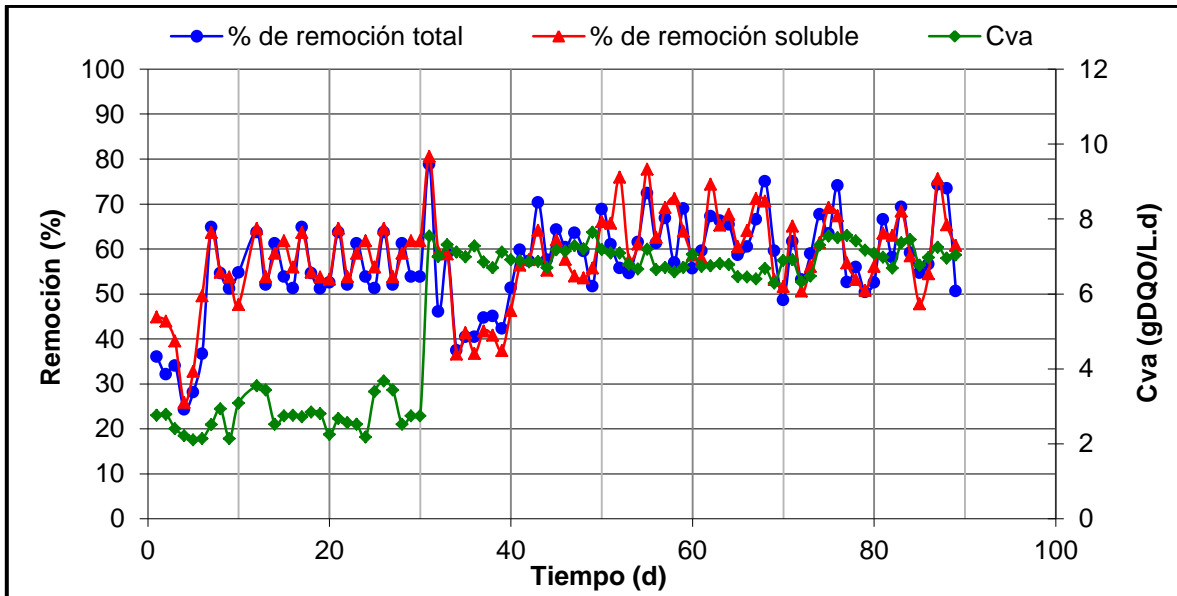


Figura 2. Remoción de DQO total y soluble en un reactor híbrido.

Remoción de SST y SSV en un reactor anaerobio híbrido.

En la Figura 3 se puede apreciar que la remoción de SSV a la fecha ha alcanzado valores de entre 50 – 70% manteniendo una Cva alrededor de 7 gDQOs/L.d. Kavacik y Topaloglu (2010) estudiaron la co-digestión del excremento vacuno y el lactosuero en un reactor anaerobio cilíndrico metálico, con un TRH de 5 días y un contenido de SST del 8%, obteniendo una remoción de SSV de 49.4%.

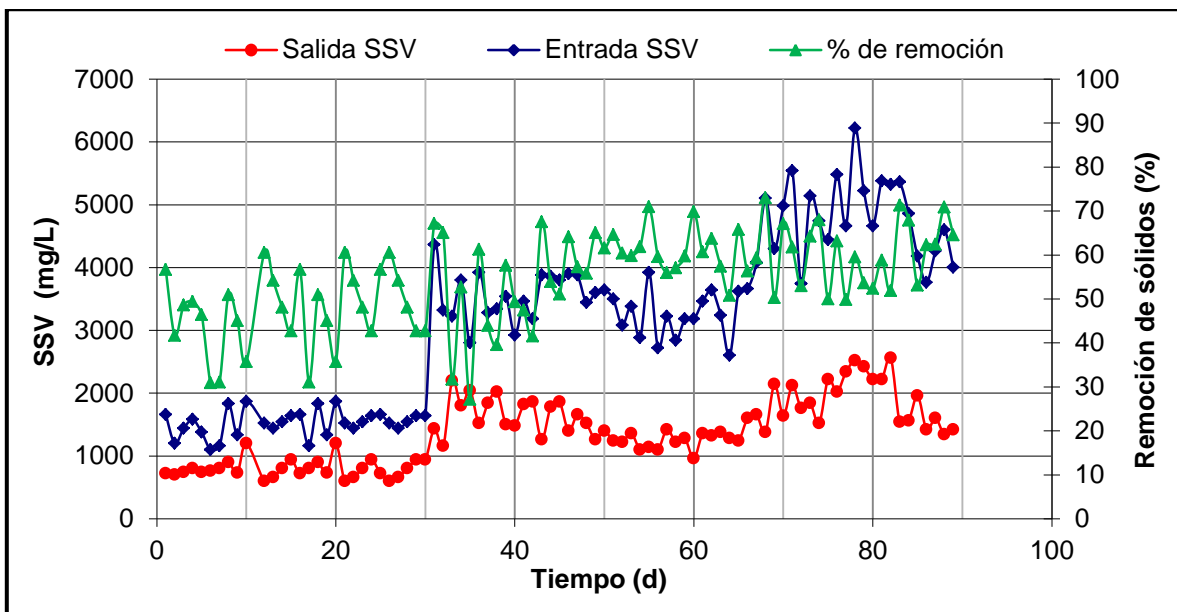


Figura 3. Remoción de SSV en un reactor híbrido.

Producción de biogás.

El monitoreo de la producción de biogás tal y como se muestra en la Figura 4 dio inicio a partir del día 64 en donde se observó una producción de 48 L/d, posteriormente con el transcurso del tiempo incrementó hasta alcanzar valores por encima de 100 L/d a partir del día 70, esto representa una producción de biogás aproximada de 3 L/L_R·d. Gelegenis *et al.* (2007) emplearon un CSTR alimentado en modo semi-continuo para la co-digestión de pollinaza diluida y lactosuero, obteniendo para un TRH de 18 días y una Cva de 4.9 gDQOs/L_R·d una producción de biogás de 2.2 L/L_R·d.

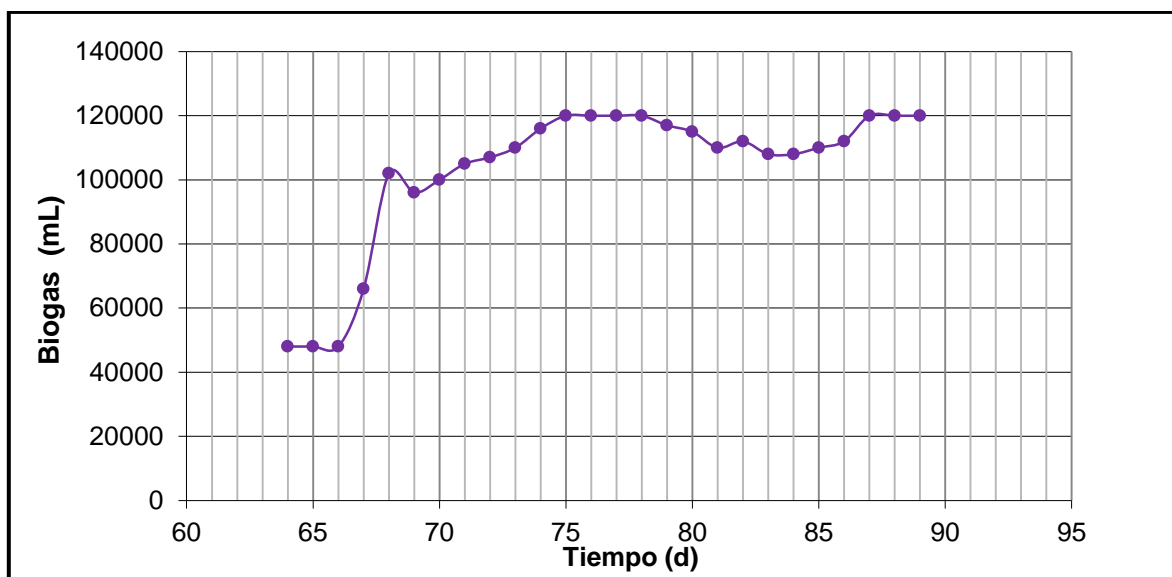


Figura 4. Producción de biogás.

Trabajo a futuro.

Se pretende alcanzar remociones superiores a 70% y posteriormente incrementar paulatinamente la Cva para obtener un mayor tratamiento de lactosuero y un aprovechamiento más eficiente. Se continuará el monitoreo de biogás y se analizará su composición por medio de cromatografía de gases para conocer los porcentajes de metano, dióxido de carbono y nitrógeno presentes en el bioenergético.

Conclusiones.

Los resultados de este trabajo muestran que los porcentajes de remoción de DQO total y soluble, así como de los SSV han alcanzado valores de hasta 70% manteniendo una Cva de 7 gDQOs/L·d, lo cual representa una eficiencia aceptable del proceso. Además la producción de biogás equivalente a 3 L/L_R·d obtenida por el tratamiento del lactosuero ha demostrado ser superior a la reportada en trabajos anteriores empleando reactores con diferente configuración. En cuanto al pH, podemos concluir que al ajustar el valor de la alimentación hasta valores cercanos al neutro el proceso mantendrá valores similares en la salida, lo cual representa estabilidad en el proceso y disminución de las características contaminantes en el efluente tratado.

Referencias

1. Aguilar-Montor, Y. d. (2014). Estudio integral de digestión anaerobia en dos etapas para el tratamiento de la fracción soluble de residuos sólidos orgánicos municipales a nivel laboratorio. Tesis de grado. Maestría en Ciencias en Ingeniería Química. Instituto Tecnológico de Orizaba. México.
2. Alvarado-Lassman, A., Rustrián, E., García-Alvarado, M. A., Rodríguez-Jiménez, G. C. y Houbron, E. (2008). Brewery wastewater treatment using anaerobic inverse fluidized bed reactors. *Bioresource Technology*, **(99)** 3009-3015.
3. Carvalho, F., Prazeres, A. R. y Rivas, J. (2013). Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. *Science of the Total Environment*, **(445-446)** 385-396.
4. EPA. (2014). Anaerobic digestion. <http://www.epa.gov/agstar/anaerobic/ad101/> (consultada Febrero, 2015).
5. Gelegenis, J., Georgakakis, D., Angelidakis, I. y Mavrissa, V. (2007). Optimization of biogas production by co-digesting whey with diluted poultry manure. *Renewable energy*, **(32)** 2147-2160.
6. IDAE. (2007). *Biomasa: Digestores anaerobios*. Madrid.
7. Kavacik, B. y Topaloglu, B. (2010). Biogas production from co-digestion of a mixture of cheese whey and dairy manure. *Biomass and bioenergy*, **(34)** 1321-1329.
8. Malaspina, F., Cellamare, C. M., Stante, L. y Tilche, A. (1995). Anaerobic treatment of cheese whey with downflow-upflow hybrid reactor. *Bioresource Technology*, **(55)** 131-139.
9. Oyanedel, V., Garrido, J. y Méndez, R. (2003). Nuevos biorreactores híbridos para el tratamiento de aguas residuales. *Ingeniería Química*, **(401)** 171-178.
10. SIAP-SAGARPA. (2014). Boletín de Leche. México
11. USDA. (2014). Dairy: World Markets and Trade. *Foreign Agricultural Service*.
12. Valencia-Denicia, E. y Ramírez-Castillo, M. (2009). La industria de la leche y la contaminación del agua. *Elementos*, **(73)** 27-31.

PRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIODIESEL PRODUCIDO DE ACEITE RESIDUAL

A. Torres Aldaco^{1,2}, R. Lugo Leyte¹, H.D. Lugo Mendéz¹, J. C. Paredes Ramírez¹, J. Cervantes Ruiz².
¹Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco 186, Colonia Vicentina, Iztapalapa C.P. 09340, México D. F., México
²División de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Tecnológico s/n C.P. 55210 Col. Valle de Anahuac, Ecatepec de Morelos Estado de México.
ata@xanum.uam.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Actualmente se requiere de alternativas para el manejo de aceites y grasas residuales, del sector doméstico y restaurantero, que constituyen una fuente importante de contaminación de aguas y suelos. Se propone producir biodiesel de aceites residuales vegetales por catálisis homogénea, empleando para la reacción de transesterificación aceite vegetal residual e implementando un proceso de purificación para el aceite. La reacción se estudió: en el rango de temperatura de 40-55°C, relación molar de 6:1 metanol-aceite. La conversiones máximas obtenidas fueron del orden de 92%, con una selectividad de 47.60%. Se midieron los parámetros característicos de los aceites en muestras con filtrado y sin filtrar. El biodiesel y el diesel Pemex se así como las mezclas B10, B20, B30 y B40. Se encontraron variaciones del 75% en el contenido de humedad, 40% en el número de acidez, 12% en el índice de saponificación.

Palabras clave: Biodiesel, aceite residual, caracterización, calidad de biodiesel.

Abstract

Currently it requires alternatives for handling residual oils and greases, domestic and restaurant sector, which constitute an important source of pollution of water and soil. It aims to produce biodiesel plant residual oils by homogeneous catalysis, using the transesterification reaction waste vegetable oil and implementing a purification process for oil. The reaction was studied: in the temperature range of 40-55 ° C, molar ratio of 6: 1 methanol-oil. The maximum conversions obtained were around 92%, with a selectivity of 47.60%. The characteristic parameters of the oils were measured in samples with and without filtration. Biodiesel and diesel Pemex and the B10, B20, B30 and B40 blends. 75% variations in the moisture content, 40% in the acid number, 12% in saponification found.

Key words: Biodiesel, waste oil, characterization, quality biodiesel

Introducción

En México se consumen 2,500 millones de litros de aceite vegetal anualmente, para cocinar, la mayoría del aceites residual de cocina se vierte a las alcantarillas, provocando problemas graves de contaminación de las aguas y suelos; incrementando los costos del tratamiento de las aguas residuales en forma considerable. En este trabajo se estudio la producción biodiesel, a partir de aceites residuales, por catálisis básica homogénea y las mezclas biodiesel–diesel, lo anterior se propone como una alternativa para disminuir el impacto ambiental derivado de la contaminación de las aguas por . La norma ASTM, define el biodiesel como un combustible monoalquil- éster, de cadenas largas de ácidos grasos derivado de materia prima como lípidos renovables, tales como aceites vegetales o grasas animales. El aceite residual comestible utilizado como materia prima para la producción de biodiesel es una alternativa para darle valor agregado a este desecho y disminuir la contaminación de aguas residuales. El biodiesel se define como la mezcla de éster monoalquílico de ácido graso obtenido de aceites vegetales o grasas animales y constituye un combustible alternativo y ambientalmente más amigable respecto del diesel, ya que es biodegradable, renovable y no es tóxico. Los aceites usados para la fabricación de biodiesel pueden ser comestibles y no comestibles [Dorado *et al.*, 2004]. El desarrollo de metodologías para la obtención de biodiesel puede reducir la dependencia sobre combustibles

derivados de petróleo importado, el cual cada vez tiene menos disponibilidad y mayor costo en el mercado mundial [Hideki *et al*, 2001][Sha & Sharma, 2004][Matthis, 2003].

Reacciones de producción de biodiesel

El biodiesel se obtiene a partir de aceites y grasas vegetales o animales de cualquier tipo. Estos están constituidos principalmente por triglicéridos (~95%) y pueden contener en distintas proporciones ácidos grasos libres, mono- y diglicéridos, fosfolípidos e insaponificables, entre otros. Comúnmente el biodiesel es obtenido mediante la reacción de transesterificación de los triglicéridos con alcoholes de cadena corta, típicamente metanol o etanol. Para obtener velocidades de conversión razonables es necesario utilizar catalizadores. Las reacciones involucradas ocurren de manera consecutiva como se observa en la fig.1. El triglicérido pierde una cadena carboxílica que es transformada en ester (metílico o etílico dependiendo del alcohol utilizado), generando un diglicérido. Éste reacciona nuevamente generando otro ester y el monoglicérido, que luego se transforma en glicerina y ester [Van Gerpen *et. al.*, 2004][Martínez, 2002].

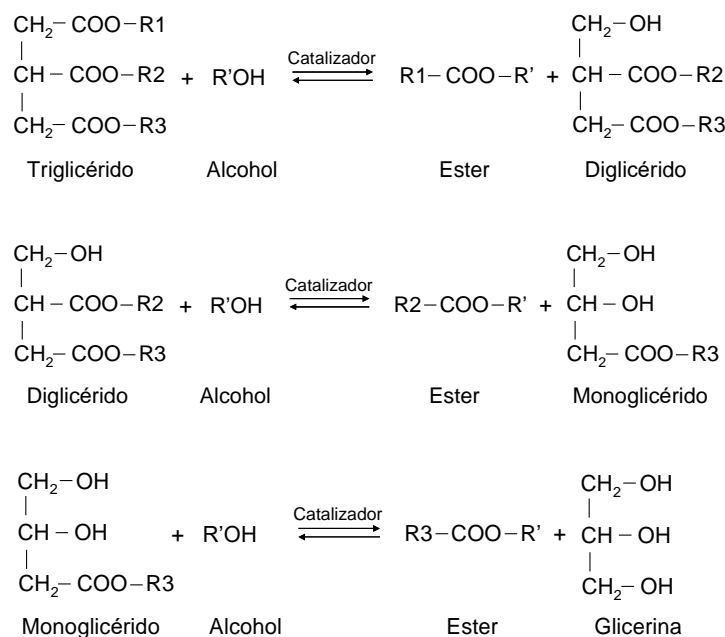


Fig. 1 Reacciones y producción de biodiesel

Metodología

El aceite residual se caracterizó previamente al proceso de filtración y posterior a él. Las propiedades medidas fueron: densidad, viscosidad, número de acidez, índice de saponificación, índice de yodo, índice de ester, índice de peróxidos, punto de nube, punto de inflamación, humedad. La densidad y viscosidad se midió a distintas temperaturas, para ver su comportamiento con esta variable. El aceite se filtró a través de una malla fina de acero, después se pasó a través de un lecho de carbón activado. Posterior al filtrado el aceite fue secado calentando el aceite a 92°C. Para las pruebas de reacción metanol e hidróxido de potasio, grado reactivo fueron utilizados. La reacción de se estudió a una relación molar MeOH-Aceite 6:1; temperatura de reacción en el rango de 40 a 55°C, tiempos de reacción de 3 y 6 h. La catálisis de la reacción fue básica empleando NaOH. La preparación del metóxido se hizo usando 5.4 g. El volumen del reactor fue de 250 ml. Se empleó un sistema de recirculación de MeOH; la velocidad de agitación se mantuvo constante a 450 rpm. Los productos de reacción se dejaron en reposo durante 24 h; para llevar a cabo la separación en un embudo y posteriormente se caracterizaron, midiendo: pH, densidad, viscosidad, poder calorífico, índice de ester, índice de yodo, índice de saponificación, punto de inflamación, punto de nube, de acuerdo a las normas oficiales mexicanas [Ramírez & Rodríguez, 2011]. El poder calorífico superior se determinó utilizando un calorímetro IKA 2000. También se realizó la caracterización del diesel Pemex y las mezclas biodiesel diesel Pemex al 10, 20, 30 y 40 % en volumen denominadas B10, B20, B30 y B40

Resultados y discusión

La Figura 2 muestra la espectroscopia infrarroja del aceite de cocina usado (ACU) y el aceite vegetal (AV), se observa que las dos muestras presentan picos característicos similares. Esto indica que la composición del ACU y el AV tienen una composición similar. En el rango entre los 1500 y los 1800 se encuentran las dobles ligaduras.

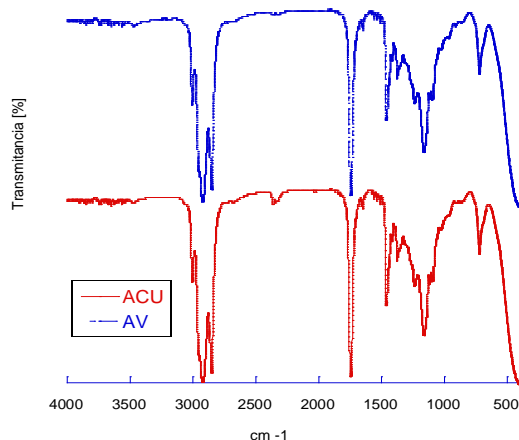


Figura 2 Espectroscopia infrarroja del ACU y del AV.

La Figura 2 muestran la espectroscopia IR del ACU y del AV, la figura 3 muestra la espectroscopia IR del diesel y las mezclas de diesel-biodiesel, donde se muestran los picos característicos del biodiesel y en la zona de los picos característicos del diesel y biodiesel tiene gran similitud entre ellos, y la magnitud de los picos crecen proporcionalmente con el porcentaje de la mezcla analizada. La figura 4 muestra un cromatograma típico obtenido de la reacción de producción de biodiesel obtenido en un cromatografo de gases Agilent 7820A

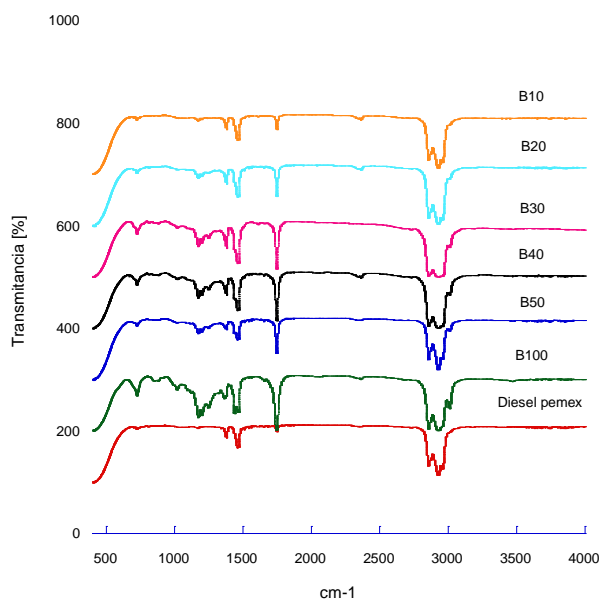


Figura 3 Espectroscopia infrarroja del diésel Pemex y las mezclas biodiesel-Pemex

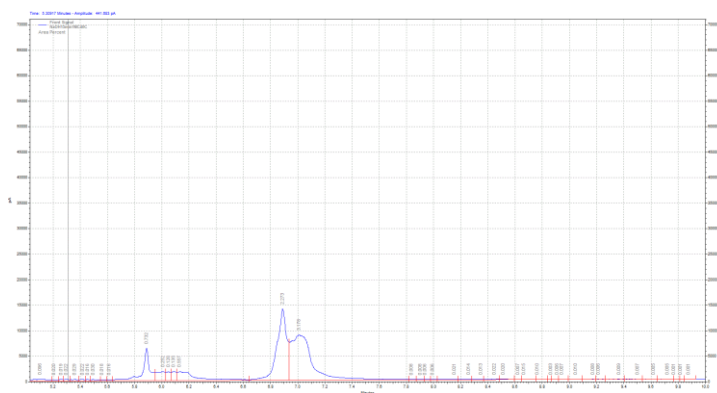


Figura 4 Cromatograma del biodiesel con detector de FID

La Figura 5 muestra el porcentaje de la conversión a biodiesel en función del tiempo a una temperatura de 40°C, para un tiempo de 120 min, se obtiene la máxima conversión de biodiesel a 68%. En el intervalo de 0 a 45 min se tiene un aumento de biodiesel del 66.04%, mientras que máxima producción de moles se alcanza 15 min después manteniéndose constante hasta llegar a 120 min de reacción, por lo que es recomendable llegar hasta los 60 min de reacción evitando un consumo innecesario de energía para mantener una temperatura de 40°C. Para la cinética de reacción se obtuvo un modelo de segundo orden para la producción de biodiesel, a cuatro diferentes temperaturas como se muestran en las Figuras de la 5 a la 8, donde la mayor producción se encuentra a los 75 min, ya que la pendiente en ese punto tiende a cero y se encuentra para una temperatura de 50°C.

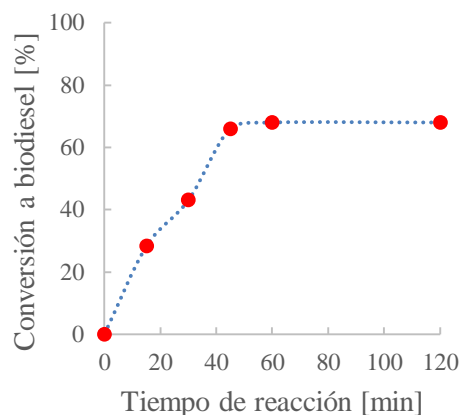


Figura 5 Conversión a biodiesel a 40 °C

La Figura 6 muestra el porcentaje de conversión a biodiesel en función del tiempo a una temperatura de 45°C, el incremento en la conversión de 0 a 30 min, es del 69.04% un cambio rápido en comparación con los siguientes minutos donde la producción de biodiesel se mantiene constante a partir de los 45 min llegando como producción máxima de 76.86%, por ello se recomienda un proceso de 60 min.

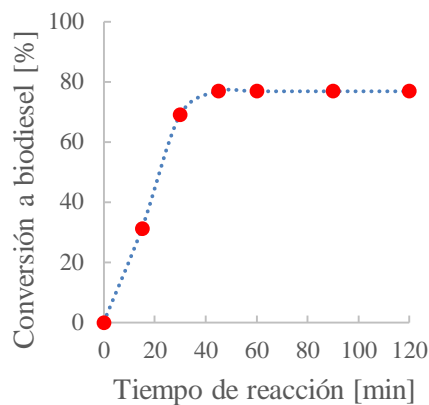


Figura 6 Conversión a biodiesel a 45 °C

La Figura 7 muestra la conversión a biodiesel en función del tiempo a una temperatura de 50°C, a los 30 minutos de la reacción se tiene una conversión a biodiesel del 76% mientras que el incremento en la producción de biodiesel de 30 a 45 min es del 35.13%, para los 45 min se alcanza la máxima conversión de biodiesel con 85.5%, en los 75 minutos restantes la conversión de biodiesel se mantiene constante. Esto indica que la reacción alcanzo el equilibrio.

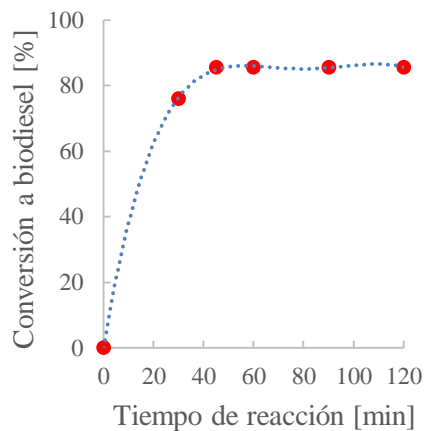


Figura 7 Conversión a biodiesel a 50 °C

La Figura 8 muestra la conversión a biodiesel en función del tiempo de reacción a una temperatura de 55°C, y un tiempo de reacción de 45 min, donde se obtiene la máxima conversión a biodiesel con 87.28%. En el intervalo de 15 a 45 min se tiene una conversión a biodiesel del 24%, después la conversión de biodiesel se mantiene constante hasta alcanzar su máximo, por lo que se recomienda llevar a cabo la reacción hasta los 45 min, para no tener un consumo energético mayor, al continuar con el tiempo de reacción.

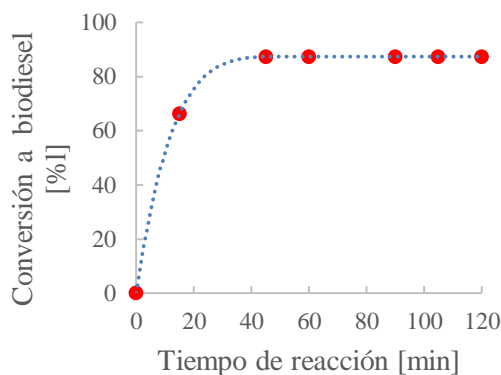


Figura 8 Conversión a biodiesel a 55 °C

En la Figura 9 la conversión a biodiesel respecto del tiempo de reacción a una temperatura de 55 °C la máxima conversión de biodiesel fue de 87.2%, mientras que la mínima se tiene a 40°C con 68%, al aumentar la temperatura de reacción de 40 a 45°C se tiene un incremento en la conversión a biodiesel del 11.47%, a partir de los 60 min los valores de conversión de biodiesel para las 4 diferentes temperaturas de reacción empiezan a ser constantes, por lo tanto se recomienda no seguir con la reacción hasta los 120 min y así tener un ahorro en el consumo energético. Al aumentar la temperatura de reacción de 50 hasta los 55°C, se tiene un aumento del 2.9% en la conversión de biodiesel, por lo tanto se podría solamente llegar hasta 50°C en la temperatura de reacción y reducir el consumo energético al tener 5 °C menos. Esto nos indica que la temperatura y tiempo de reacción para una conversión máxima de biodiesel es a los 55°C y 45 min respectivamente.

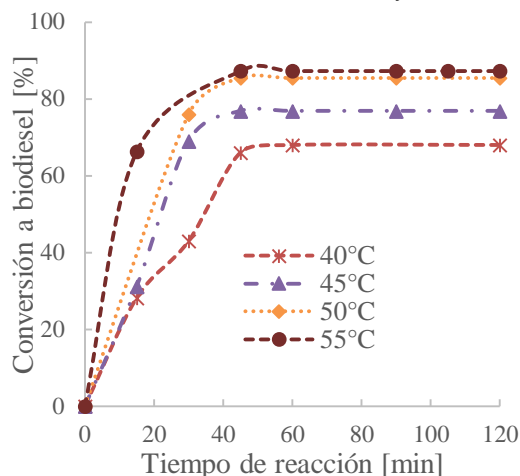


Figura 9 Comparación de la conversión a biodiesel a diferentes temperaturas de reacción

En la Figura 9 se muestra la conversión a biodiesel respecto del tiempo de reacción para 4 diferentes temperaturas. La concentración de aceite decrece a conforme avanza el tiempo de reacción hasta alcanzar un mínimo alrededor de los 120 min donde se mantiene constante y ya no puede ser convertido el aceite en biodiesel. En la Figura 10 se muestra el poder calorífico superior (PCS) obtenido de Aceites de Cocina Usados (ACU), Aceite Virgen (AV), diesel y mezclas biodiesel-diesel-PEMEX, se realizaron mezclas de biodiesel-diesel PEMEX, con el fin de mejorar el desempeño del motor diesel, mediante una variación del 5 al 40% en volumen del biodiesel en la mezcla. El mayor PCS se logra con la mezcla B10 y es mayor 3.94% que del diésel PEMEX, mientras el PCS de la mezcla B5 es mayor en 1.27% que el diesel PEMEX. El PCS del diésel PEMEX es mayor que el de las mezclas B20, B30 y B40, en un 0.4%, 1.09% y 3.18% respectivamente. Cabe hacer mención que el PCS del diésel B100 es ligeramente igual al de ACU en un 0.5%. El valor del poder calorífico de B100 coinciden con lo reportado en la literatura.

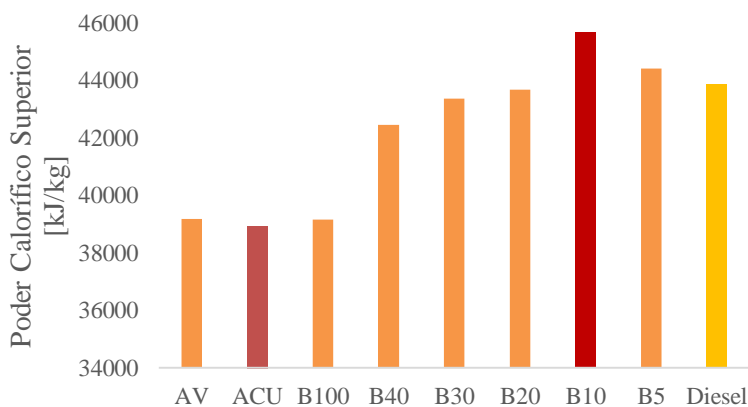


Figura 10 Poder calorífico superior del aceite residual de cocina, aceite vegetal, diésel y las mezclas biodiesel-diesel PEMEX

En la caracterización se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 1, la mezcla B5, B10 y B20 tienen menor índice de saponificación de 8%, 14% y 67 %, respectivamente. También se muestra que el menor índice de yodo se obtuvo con la mezcla B10, además el índice de yodo se encuentra dentro de la norma. El valor de peróxido también se encuentra dentro de la norma con 69.85 miliequivalentes/10g. El menor punto de nube se obtuvo con la mezcla B100 con un valor de -11.06. La densidad de la mezcla B100 difiere un 7% respecto de la densidad del diesel La viscosidad de la mezcla B100 es mayor comparada con la del diesel, este resultado era esperado debido a que la literatura indica que la viscosidad del diesel es menor que la del biodiesel.

Tabla 1 Caracterización del biodiesel y aceite residual de cocina

PRUEBA	ACEITE DE COCINA	BIODIESEL (B-100)	DIESEL	B-5	B-10	B-20	límites	Norma NMX
Índice de saponificación	261.63	160.33	338.5	311.7	293.44	111.13	186-194	F-174-SCFI-2006
Índice de yodo	135.04	107.08	21.17	6.11	0.46	111.71	120-140	F-152-SCFI-2011
Número de acidez	0.81	0.65	0.65	0.65	0.83	0.74	0-2	K-418-1976
Índice de éster	260.98	159.68	337.85	317.713	292.60	110.39	185-192	K-395-1972
Valor de peróxido	19.21	69.85	181.30	72.46	57.49	23.29	0-2	F-154-SCFI-2010
Porcentaje de Humedad	0.900	0.058	1.421	0.543	0.377	0.831	0-.1	F-211-SCFI-2012
Punto nube	-11.63	-11.06	-10.33	-10.56	-10.83	-11	No hay	No hay
Densidad a 20°C (g/cm ³)	0.94	0.82	0.82	0.84	0.83	0.91	0.8-0.96	F-075-SCFI-2012

Trabajo a futuro

Como trabajo futuro se tiene generar un modelo cinético para la reacción de transesterificación y determinar la energía de activación de la reacción.

Conclusiones

La caracterización del aceite mostro que sin filtrar se tiene mejores características que el aceite filtrado. El biodiesel producido de aceites residuales presenta una calidad similar al producido de aceites puros. El punto de nube del biodiesel producido esta entre los -10.33 a -11.63°C. La mejor condición de reacción fue 55 °C y una relación molar metanol- aceite de 6, la conversión máxima obtenida fue de 92% y selectividad de 48%.

La caracterización del aceite y el biodiesel son una referencia de la calidad del biodiesel producido correlacionada con la información cinética son herramientas importantes de decisión en el diseño de un proceso de producción de biodiesel. Las espectroscopias de IR del biodiesel y diesel mostraron concordancia entre ellos. El poder calorífico más alto fue para la mezcla B10 con un valor de 45000 kJ/kg, 2.2% mayor al valor del diesel Pemex. Correlacionando los resultados obtenidos de la caracterización del biodiesel y sus mezclas, se demuestra que el combustible obtenido de aceites de desecho de cocina produce un combustible con calidad similar al diesel derivado del petróleo.

Agradecimientos

SECITI del D.F. por el apoyo al proyecto "Biocentral de potencia integrada a una planta de tratamiento de aguas residuales para una ciudad sostenible" PICSO12-107

Referencias

1. Dorado M. Pilar, Ballesteros Evaristo, Mittelbach Martín y López Francisco J. "Kinetic parameters affecting the alkali-catalyzed transesterification process of used olive oil". *Energy & Fuels*, 18, 1457-1462. (2004).
2. Encinar, José M., González, Juan F. and Rodríguez-Reinares, Antonio. "Biodiesel from used frying oil. Variables affecting the yields and characteristics of the biodiesel". *Ind. Eng. Chem. Res.* 44, 5491-5499. (2005).
3. Hideki Fukuda, Kondo Akihiko and Noda Hideo. "Review biodiesel fuel production by transesterification of oils". *Journal of Bioscience and Bioengineering.* 92, 405-416. (2001).
4. Van Gerpen J., Shanks B., Proszk R., Clements D. and Knothe G. "Biodiesel analytical methods" *National Renewable Energy Laboratory.* (2004)
5. Martínez R Mercedes. "Utilización de aceites usados para la elaboración del biodiesel". *Universidad Complutense de Madrid.* (2002)
6. Matthys D. "Producing biodiesel a simple affair? a practical guide to read before building your plant". *Gent, Belgium: American Soybean Association.* 23 pp. (2003)
7. Ramirez Verduzco Luis F., Rodriguez Rodriguez José E. "Predicción del número de cetano, viscosidad cinemática y densidad del biodiesel". *Revista IMIQ.* No 3 México. (2011)
8. Shah S. y Sharma S. "Biodiesel preparation by lipase-catalyzed transesterification of jatropha oil". *Energy & Fuel*, 18, 154–159. (2004).

Obtención de Biodiesel a partir de residuos de café agotado por el método Esterificación – Transesterificación

L. López Zamora*¹, R.H. Mendoza Arcos¹, M. Murillo Espinosa¹, R. M. Sales Chávez¹, G. Ríos Cortés¹

¹Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Orizaba,
Avenida Oriente 9 Núm. 852, Colonia Emiliano Zapata. C.P. 94320., México

*llopezz02@yahoo.com.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Para la obtención del biodiesel, se emplearon residuos de café agotado, los cuales son considerados como desechos y arrojados directamente a la basura. Para la extracción del aceite se realizaron pruebas preliminares, evaluado la eficiencia de tres solventes (Hexano, éter etílico y éter de petróleo). Una vez determinado el mejor solvente, se aplicó un CDC equirradial, para la extracción del aceite obteniéndose que las condiciones óptimas son: tiempo de 2.5 h y RLS 1:8. Una vez caracterizado el aceite, se encontraron AGL > 1%, lo cual indica que la obtención del biodiesel requiere de una etapa de esterificación ácida y otra de transesterificación alcalina. De acuerdo a la caracterización realizada del biodiesel, se determinó que se encuentra dentro de los límites permisibles por la norma EN 14214, obteniéndose una eficiencia del 11.76 % en la obtención del aceite y un rendimiento del 71.25 en la obtención del biodiesel.

Palabras clave: Residuo de café, biodiesel, transesterificación.

Abstract

For obtaining biodiesel, exhausted waste coffee, which are considered as waste and dumped directly into the trash were used. For oil extraction were performed preliminary tests, we evaluated the efficiency of three solvents (hexane, ethyl ether and petroleum ether). Once you determine the best solvent, a CDC equirradial applied to oil extraction obtaining the optimal conditions are: time of 2.5 h RLS 1: 8. Characterized once the oil, they found AGL > 1%, indicating that obtaining biodiesel requires acid esterification step and other alkaline transesterification. According to the biodiesel realized characterization, it was determined that is within allowable limits by the EN 14214, obtaining an efficiency of 11.76% oil in a yield of 71.25 in obtaining biodiesel.

Introducción

El biodiesel es un biocombustible formado a partir de aceites o grasas vegetales y alcoholes en presencia de catalizadores, produciéndose un compuesto que se puede utilizar directamente en un motor, obteniéndose la glicerina o glicerol como subproducto, esto mediante la extracción para la obtención del aceite a partir de los residuos del café, por medio de una transesterificación de los ácidos grasos para la producción del biodiesel [Agarwad, 2007] Este biocombustible posee diversos beneficios con respecto a los combustibles derivados del petróleo, ya que durante la combustión del biodiesel el CO₂ es reabsorbido por los vegetales, por lo cual es considerado un combustible renovable. Además, cabe mencionar que el biodiesel puro es biodegradable, no tóxico y no libera sustancias que incrementen la contaminación ambiental.

El biodiesel se puede obtener a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, el aprovechamiento de residuos para generarlo, es una excelente alternativa, debido a que muchos de estos son desperdicios son eliminados en rellenos sanitarios, incluso son arrojados directamente al drenaje, lo que ocasiona grandes problemas ambientales como aparición de roedores, olores fétidos, así como el aumento de la demanda

bioquímica de oxígeno (DBO) de las aguas. Todos estos residuos pueden aprovecharse, y una manera de ello, es en la generación de biodiesel.

Uno de los desperdicios domésticos más notables es el café agotado, donde se centra nuestra alternativa de solución a dos problemas ambientales. Para la mayoría de las personas el café agotado es considerado un residuo, sin embargo, este aún posee propiedades y grasas que abren una oportunidad de investigación.

Aparentemente una vez que el café ha sido utilizado para su uso en diversas bebidas y otros derivados, se cree que ya ha perdido todas sus propiedades, sin embargo, el agua con el que es utilizado no lo agota en su totalidad, pues muchos de sus componentes no son arrastrados y aún conserva ciertas características. Al someter estos residuos a una determinación de grasas y aceites, se ha encontrado que aún conserva un porcentaje significativo de grasas de 17.85% por lo que al realizar extracciones se obtuvieron unas cantidades de aceite de 353 mL, [Ballesteros y col., 2008]

En este trabajo se utilizaron los residuos del café agotado, los cuales son considerados como desechos y arrojados directamente a la basura, teniendo en cuenta que en nuestro país existe un alto consumo de café, de acuerdo con datos de la Asociación Mexicana de la Cadena Productiva de Café, el consumo per cápita en la República Mexicana es de alrededor 1.2 Kg anuales [NOTIMEX, 2013], la región de Córdoba, Veracruz es considerada como una ciudad cafetalera así como sus alrededores, donde el consumo de café es alto, además de contar con restaurantes y cafeterías tanto nativas del país como extrajeras que han situado sus franquicias en estos lugares y que algunas de ellas como lo es Starbucks, no han encontrado aún como beneficiarse a través de sus residuos, teniendo en cuenta todo esto, se procedió a realizar un estudio de sus características que permitan dar un nuevo uso a este tipo de residuos.

Metodología

Materiales

Los residuos de café agotado se obtuvieron de la empresa Starbucks, ya que para ellos es un desecho que regalan al público para utilizarlo como abono. Se empleó Hexano como solvente

Acondicionamiento y caracterización de la materia prima

Mediante radiación solar, redujo la humedad de la muestra por debajo del 10%. Posteriormente se realizó la caracterización de los residuos de café bajo las normas respectivas: Nitrogeno total (AOCS Ba 4b-87), Extracto etéreo (AOCS Ba 3-38), Cenizas (AOCS Ba 5a-49), Fibra cruda (AOCS Ba 6-84) y Humedad (AOCS Ba 3-84)

Extracción de aceite

A fin de determinar el tipo de solvente más adecuado (Hexano, éter etílico y éter de petróleo), se consideró un tiempo de 2 h y una relación soluto – solvente de 1:10. Una vez determinado el mejor solvente, se realizó un Diseño Central Compuesto Equiradial (CDC), considerando como variables independientes la relación soluto solvente (1:6, 1:8, 1:10) y tiempo (2, 2.5, 4 h) teniendo como variable de respuesta la cantidad de aceite obtenido

Caracterización del aceite

Una vez que se obtuvo el aceite, se procede a caracterizarlo, a fin de determinar la viabilidad del proyecto. se realizaron las siguientes determinaciones: humedad (AOCS Ab-2-49), viscosidad (AOCS Tq 1a-64), densidad (AOCS To 1a-64), índice de Yodo (AOCS Cd 1b-87), índice de saponificación (AOCS Cd 3-25) y perfil de ácidos grasos (AOCS Ce 1-62).

Obtención de biodiesel

En base al contenido de los ácidos grasos libres (AGL) presentes en el aceite, se determinará la reacción de Transesterificación. Si los AGL < al 1 %, se procederá a realizar una Transesterificación alcalina, por el contrario,

si los AGL > a 1 % la conversión se efectuará en dos etapas: a) esterificación ácida utilizando 75% v/v metanol-aceite, 1 % v/v H₂SO₄, 1 h de tiempo de reacción y una temperatura de 63 ± 2 °C y b) Transesterificación alcalina utilizando 3% v/v metanol-aceite, 5 % w/v KOH, 20 min de tiempo de reacción y una temperatura de 58 ± 2 °C. Para este caso fue necesario realizar la esterificación y posteriormente la transesterificación.

Caracterización del biodiesel

Finalmente para conocer si es factible el biodiesel obtenido, se requiere la caracterización del mismo, para lo cual se realizaron las siguientes pruebas: Viscosidad, Densidad, Punto de Inflamación, Índice de Cetano y Contenido de Carbono, bajo la norma ASTM D975 FAME. Posteriormente se realizó un lavado del biodiesel, con la finalidad de eliminar todo tipo de impurezas y de solvente restante por el método de niebla.

Resultados y discusión

Caracterización del residuo del café

El residuo de café después de 25 días de secado solar, alcanzó una humedad del 7%, dicha muestra se almacenó en un lugar seco y fresco. La determinación de cenizas arrojó un contenido de 5.47% lo cual indica una cantidad aceptable de materia inorgánica (metales y minerales), ya que una cantidad arriba del 10% podría afectar en las siguientes pruebas ocasionando con ello dificultades en la extracción y conversión del aceite. La determinación de Nitrógeno total fue del 15.15%, indicando la presencia de proteína en la muestra. A través de la prueba de extracto etéreo se determinó que el residuo contiene un 17.85% de grasas, lo que demuestra la viabilidad del proceso. Finalmente se obtuvo un 12.825% de fibra cruda, lo que probablemente permitiría una vez extraído el aceite, utilizar la semilla seca agotada como fertilizante, base de alimentación de ganado vacuno o en la obtención de celulosa y papel.

Extracción de aceite

En la Tabla 1, se puede observar, que el solvente extrajo una mayor cantidad de aceite fue el Hexano con 3.8490 g, mientras que el Éter etílico y el Éter de petróleo quedaron por debajo de la cantidad obtenida, de tal manera que el Hexano fue el solvente elegido para la realización de la extracción de aceite de los residuos de café.

Tabla 1. Prueba de tipo de solvente adecuado

Solvente	Tiempo (h)	Relación Soluta-solvente	Cantidad de aceite obtenido (g)
Hexano	2	1:10	3.8490
Éter etílico	2	1:10	3.4106
Éter de petróleo	2	1:10	3.5488

Una vez seleccionado el hexano como el mejor solvente, se aplicó el Diseño Experimental CDC equirradial propuestos a fin de obtener las condiciones óptimas. En la Tabla 2, se presentan los resultados obtenidos, observando que el experimento 1 considerando un tiempo de 2.5 h y una RLS de 1.8 produjo la mayor cantidad de aceite, correspondientes a los puntos centrales, los cuales dan un promedio de 3.8862 g y con las cuales se realizó la extracción a una escala mayor.

Caracterización del aceite

Se realizaron siete pruebas que al aceite obtenido, a fin de validar, su viabilidad para poder realizar el proceso de transesterificación para obtener el biodiesel. En la Tabla 3, se muestran los resultados obtenidos y las observaciones de cada una de las pruebas.

Tabla 2 Diseño experimental para la elección de relación soluto solvente

No. Exp.	Variables naturales	Variables codificadas	Muestra
----------	---------------------	-----------------------	---------

	RSL	Tiempo (h)	RSL	Tiempo(h)	(g)
1	1:10	3	1	1	3.7786
2	1:6	2	-1	-1	3.4007
3	1:6	3	-1	1	2.5581
4	1:10	2	1	-1	2.9523
5	1:8	2.5	0	0	3.8861
6	1:8	2.5	0	0	3.8863
7	1:8	2.5	0	0	3.8863
8	1.8	1.8	0	-1.414	3.3621
9	1.8	3.2	0	1.414	3.5653
10	1:03	2.5	-1.414	0	3.6222
11	2.2	2.5	1.414	0	3.6984

Tabla 3. Caracterización y observaciones al aceite de café obtenido

Propiedad Química	Valor	Observación
Índice de Iodo	120 cgl ₂ /g	Mide las insaturaciones presentes en los ácidos grasos que conforman un triglicérido y esta expresado en términos del número centigramos de Iodo absorbido por gramo de muestra probada (% de Iodo absorbido). El valor obtenido representa un valor alto en el grado de instauración como los aceites obtenidos de pescado.
Índice de Saponificación	10.19 %	Representa la fracción que puede ser transformado mediante el proceso de transesterificación, el valor obtenido indica que se podrá evitar la formación de jabones en la obtención de biodiesel
Perfil de Ácidos Grasos	Oleico	11.493 %
	Láurico	8.151 %
	Palmítico	10.433 %
Viscosidad	49.52 mm ² /s	Representa una viscosidad aceptable, ya que un valor más alto podría complicar la reacción de saponificación
Densidad	0.84343 g/cm ³	Se encuentra por debajo de las densidades de los aceites (p. ejem aceite de soya 0.917 – 0.924 g/cm ³)
Humedad	12 %	Este valor representa un bajo riesgo de saponificación

Caracterización del biodiesel

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la caracterización del biodiesel obtenido a partir de los residuos de café, todas las pruebas se realizaron por duplicado:

Densidad, una de las propiedades más importantes de los combustibles, ya que los sistemas de inyección, bombas e inyectores deben suministrar la cantidad de combustible con precisión para proporcionar la combustión adecuada. La densidad del biodiesel depende del contenido en ésteres y de la cantidad remanente de alcohol, por lo tanto, esta propiedad viene determinada fundamentalmente por el aceite vegetal elegido y, en cierta medida, por las etapas de purificación aplicadas. La norma EN 14214 establece el intervalo de la densidad permitida entre 860 – 900 Kg/m³, siendo el obtenido en este caso de 890 Kg/m³.

Viscosidad, es una medida de la fricción interna entre moléculas o de la resistencia a fluir de los líquidos. Se trata de otra de las propiedades más importantes, puesto que, afecta a la atomización del combustible en la inyección del mismo en la cámara de combustión y, con ello, a la formación de depósitos en el motor. De hecho, es la principal razón por la cual las grasas y los aceites son transesterificados a biodiesel. Con ello, se consigue que la viscosidad del biodiesel se reduzca sustancialmente. La norma EN 14214 marca los límites de la viscosidad entre 3.5 – 5.0 cSt, esto significa que la calidad del biodiesel se encuentra en los límites permisibles bajo la Norma EN, para este trabajo se obtuvo un valor de 3.94 cSt.

Cantidad de carbono, esta prueba permite conocer cuantitativamente el contenido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre (CHNS) de muestras orgánicas e inorgánicas que no posean calcio ni fósforo. Con este ensayo lo más importante es que se puede saber el contenido en Carbono en el Biodiesel, parámetro negativo. El promedio obtenido (73.83 %) se encuentra por debajo de los límites mínimos que pide la norma ASTM975, el cual

indica un mínimo de 75% de contenido de Carbono presentes en la muestra, por lo que se procede a un lavado para el biodiesel

Se realizó un lavado de biodiesel para eliminar el alto contenido de impurezas y con ello eliminar la cantidad carbono presente en la muestra, para esto, se utilizó el método de lavado con niebla, que consiste en rociar una nube de gotitas de Ácido Acético al 6% muy pequeñas que caen sobre la superficie y estas atraviesan arrastrando al fondo las impurezas, esto tarda aproximadamente un día, obteniéndose un valor de 78.83 %, observándose un cambio muy significativo después del lavado del biodiesel ya que en este se eliminan algunos residuos con glicerina residual, materia insaponificable así como parte del catalizador restante. Con este resultado el biodiesel cumple con las condiciones de la Norma ASTM D975 teniendo como mínimo el 77% de contenido de Carbono.

Punto de inflamación, es una medida de la tendencia de una muestra para formar mezclas inflamables con aire en condiciones controladas. Es un parámetro a considerar en el manejo, almacenamiento y seguridad de los combustibles y materiales inflamables. Así, los aceites vegetales, en general, tienen altos puntos de inflamación, mayores que los gasóleos, los cuales se reducen cuando el aceite es sometido a un proceso de Transesterificación (aunque siguen siendo mayores al del gasóleo). Un bajo punto de inflamación puede ser indicativo de presencia de metanol en el biodiesel, para este trabajo se obtuvo un valor de 158 °C. La norma EN 14214 presenta un valor mínimo exigido de 120 °C para el punto de inflamación.

Índice de Cetano, es un indicador de la calidad del biodiesel. Un índice de Cetano elevado garantiza un buen control de la combustión, aumento del rendimiento y mejora de los arranques en frío, lo que da lugar a menos gases de escape. Las normas EN 14214 y EN 590 especifican un valor mínimo para el índice de Cetano de 51 mientras que, un valor típico del índice de Cetano para el diesel número 2 es aproximadamente 46, el análisis realizado reportó un valor promedio de 60, lo cual indica que el número de esteres metílicos saturados presentes en la muestra, son los que le confieren una calidad permisible al biodiesel obtenido, se encuentra en los límites mínimos aceptables bajo la norma EN 14214.

Espectrofotometría, con este método se comprobó la existencia de las cadenas de metil-esteres que forman el biodiesel, se utilizó un espectrómetro con el cual se evalúan mediante la longitud de onda se localiza el rango donde se encuentran los metil-esteres contenidos. En la Figura 1, se muestran el espectro obtenido, siendo los principales picos de los metil esterres presentes, en la longitud de onda 2900 se encuentra un metil estearato (C18), en la longitud de onda 1500 se encuentra un metil palmitato (C16), en la longitud de onda 1180 se encuentra un metil miristato (C14).

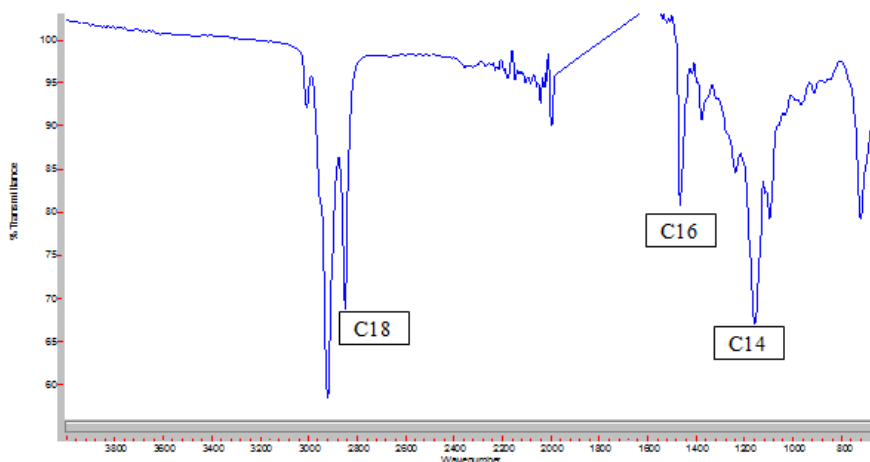


Figura 1. Determinación de los metil-esteres presentes en el biodiesel a partir de los residuos de café.

Trabajo a futuro

Realizar estudios alternos tales como el uso de ultrasonido, a fin de reducir tiempos y mejorar la eficiencia.

Conclusiones

El biodiesel fue caracterizado con diferentes propiedades en las que se tienen: (1) densidad se refiere el valor requerido es de 860-900 kg/m³, obteniéndose 890 kg/m³, por lo tanto entra dentro de los valores establecidos; (2) viscosidad se debe tener un valor de 3.5-5.0 cSt, obteniéndose un valor de 3.9423 cSt, lo cual permite colocarse dentro del rango; (3) contenido de carbono, el resultado de 78.83% es favorable, ya que se debe tener un mínimo 77%; (4) punto de inflamación el valor mínimo es de 120°C, y el biodiesel obtuvo un punto de 158°C, y (5) índice de Cetano el valor obtenido fue de 60 y se requiere un mínimo de 51. Como se puede observar el biodiesel presenta características favorables que lo colocan dentro de los límites máximos y mínimos permisibles de acuerdo a las normas, por lo que podemos concluir que se trata de un buen biodiesel. Para la extracción del aceite se obtuvo una eficiencia del 11.76%, el porcentaje es muy bueno considerando que es café agotado a pesar de ello aún se obtienen buenos resultados de aceite, mientras que para la obtención de biodiesel el rendimiento fue de 71.25%

Referencias

1. Agarwal, A.K. (2007) *Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines*. Progress in Energy and Combustion Science 33 (3): p. 233-271.
2. Ballesteros, I., Ballesteros, M., Manzanares, P., Negro, M.J., Oliva, J.M., Sáez, F. (2008) *Dilute sulfuric acid pretreatment of cardoon for ethanol production*. Biochemical Engineering Journal 42 (1): p. 84-91
3. NOTIMEX (2013). *Café listo para beber, un negocio para llevar* <http://www.eluniversalveracruz.com.mx/negocios-economia/2013/cafe-listo-para-beber-un-negocio-para-llevar-19377.html>. Consultado en Octubre de 2013.

Utilización de biogás para fabricación de quesos en establos lecheros

A. Alvarado Lassmann^{1*}, A. Toral Alcántara², N.A. Vallejo Cantú¹, A. Martínez Sibaja, A. Alvarado Lassman¹
¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9 No. 852, Col. E. Zapata C.P. 94320, Orizaba, Ver., México

²Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo de Orizaba, Prol. de Calle 2 S/N Col. Agrícola Librado Rivera, Orizaba, Ver., México

*arturolassmann@gmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En México predominan los pequeños productores de ganado bovino contando con entre 5 y 20 cabezas de ganado (73.5% del total de granjas). SAGARPA los considera como productores de bajos ingresos por lo que no son de interés para grandes empresas de generación de energía, sin embargo tienen potencial para la producción y aprovechamiento de biogás a través de la digestión anaerobia de excretas, aplicado en pequeños establos lecheros que pueden utilizar este tipo de sistemas generando energía para la fabricación de quesos. En este estudio se presenta la elaboración, mejora y funcionamiento de los dispositivos necesarios para el aprovechamiento del biogás producido en un reactor anaerobio para excretas de ganado vacuno incluyendo los avances y experiencias en la gestión y utilización de biogás para la producción de quesos en establos pequeños.

Palabras clave: Reactor anaerobio, Biogás, Excretas bovinas

Abstract

In most cases in Mexico, livestock producers are very small between 5 and 20 cattle (73.5 % of farms); considered by SAGARPA as low-income producers so that they are not of interest to large companies specialized in power generation, but have potential for biogas production and use, such as small dairies that can use these systems generating energy for cheese production.

This study showed the development, improvement and operation of the devices needed to use the biogas produced in an anaerobic reactor for cattle manure including advances and experience in the management and use of biogas for the production of cheese in small stables.

Introducción

La bioenergía es una fuente estratégica para promover la transición hacia un patrón energético más sustentable, dominado por las energías renovables, a través del uso eficiente, descentralizado y equitativo de la energía. En el ámbito internacional la bioenergía está teniendo un desarrollo muy acelerado, que va desde iniciativas globales para promover el uso de estufas eficientes y limpias de leña a gran escala, hasta el desarrollo de sistemas masivos de producción, distribución, uso y certificación de biodiesel y bioetanol. Varias de las aplicaciones bioenergéticas son totalmente competitivas y ya constituyen complementos necesarios y estratégicos de los combustibles fósiles. De hecho, en la actualidad la bioenergía constituye el 77% del consumo de los recursos energéticos renovables en el mundo. [Masera-Cerutti *et al.*, 2011].

Manejada de manera sustentable, la bioenergía presenta numerosas ventajas desde la óptica socioeconómica y ambiental: es versátil; escalable; brinda aplicaciones para los principales usos finales de la energía (calor, electricidad, combustibles para el transporte); permite crear sinergias importantes entre los sectores agrícola-forestal, energético, industrial, ambiental y social; puede promover el desarrollo rural sustentable a través de la creación de fuentes de trabajo e inversiones en ese medio y puede transferir importantes recursos económicos desde las áreas urbanas hacia las áreas rurales. Además, la producción sustentable de biomasa brinda numerosos servicios ambientales de tipo local y global, lo que incluye la transformación de residuos en recursos económicos, control de la erosión del suelo, regulación del ciclo hidrológico y preservación del hábitat para la fauna silvestre.

El biogás es un subproducto valioso de la descomposición de los residuos del ganado proveniente de las operaciones de producción de carne o leche. Se produce cuando la fracción orgánica de las excretas se descompone anaeróbicamente. El biogás típicamente contiene entre 60 y 70% de metano, el cual es el constituyente primario del gas natural. La recuperación del biogás puede constituir una fuente de energía renovable económicamente viable y limpia que reduce además las emisiones de gases de efecto invernadero [Yurong *et al.*, 2011].

El biogás proveniente de las excretas del ganado puede quemarse para suministrar energía de autoconsumo en forma de energía eléctrica, calentamiento o enfriamiento, mientras que la electricidad remanente puede venderse.

En la mayoría de los casos en nuestro país, las unidades productivas son muy pequeñas de entre 5 y 20 cabezas de ganado (73.5% del total de granjas) [INEGI, 2013]; considerados por SAGARPA como productores de bajos ingresos por lo que no son de interés para grandes empresas de generación de energía, pero que tienen potencial para el aprovechamiento de biogás, como por ejemplo los pequeños establos lecheros que pueden utilizar este tipo de sistemas generando energía para la fabricación de quesos.

El impacto que puede tener el contar con un paquete tecnológico que permita el crecimiento económico y encamine hacia el desarrollo sustentable a estos pequeños productores motivó a desarrollar el presente trabajo de investigación en el que se incluyen los avances y experiencias en la gestión y utilización de biogás para la producción de quesos.

Metodología

Diseño e implementación de reactor anaerobio horizontal de geomembrana a escala piloto para el tratamiento de la excretas de ganado bovino.

El reactor se fabricó en geomembrana de PVC de 2 mm de espesor y con dimensiones 7.5 m de largo, 1.75 m de ancho y 1.6 m de profundidad. El reactor se depositó dentro de una zanja con las siguientes dimensiones 9 m de largo, 1.75 m de ancho y 1.2 m de profundidad. Además se implementó un tanque de alimentación con una capacidad de 0.8 m³ y un depósito de salida con una capacidad de 1 m³ donde se acumula el efluente tratado del reactor.

El tanque de alimentación tiene en el fondo una malla de 4 mm, en él se introdujeron diariamente las excretas producidas por las 11 cabezas de ganado, las cuales fueron diluidas con agua hasta una concentración de 3% sólidos volátiles, las excretas diluidas pasan al reactor de geomembrana por gravedad, con un tiempo de residencia hidráulica de 30 días aproximadamente. La alimentación es diaria en modo semicontinuo, retirando una cantidad equivalente a la alimentada en el reactor. [Alvarado-Lassmann *et al.*, 2014]

Sistema para el aprovechamiento del biogás

Una vez producido el biogás en el reactor anaerobio, este debe ser aprovechado ya que de otra manera el sistema se sobrepresionaría y esto puede provocar fugas en el reactor; siendo el metano más perjudicial a la atmósfera que el CO₂ además de que además se presentan problemas para lograr la alimentación del mismo.

El biogás debe ser manejado como cualquier otro gas combustible. Mezclas de biogás con aire en una relación de 1:20 forman un gas detonante altamente explosivo. Se debe tener cuidado con tuberías de gas en recintos cerrados que tengan fugas.

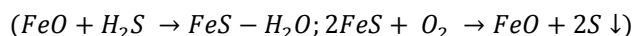
Para lograr la utilización del biogás se instaló una línea de conducción del biogás construida con manguera de poliuretano, contando con un declive de 5% con respecto al punto más elevado a la salida del reactor para permitir que el vapor de agua llegue al pozo de condensado.

Separación de vapor de agua del biogás

La tubería de gas debe estar provista de un sistema que permita eliminar el agua de condensación ya que generalmente el biogás está saturado con vapor de agua. Para llevar a cabo la separación del vapor de agua del biogás se diseñó y fabricó un pozo de condensado.

Separación de ácido sulfhídrico del biogás

El ácido sulfhídrico generado en la digestión anaerobia al mezclarse con agua condensada forma ácidos corrosivos por lo que deben tomarse precauciones ya que equipos como los refrigeradores y artefactos para agua caliente son sensibles a estos ácidos. Una solución que eleva los costos del sistema es considerar que la cámara de combustión y los quemadores deben estar hechos de acero colado, de acero especial o esmalte. Con ayuda de un filtro a base de óxido de hierro se puede purificar el biogás, eliminando el azufre de acuerdo con las siguientes reacciones:



El dispositivo que se diseñó y desarrollo para remover el H₂S consiste en reducir este compuesto pasando el biogás por una trampa de limadura de hierro.

Generación de energía calórica

La elección del quemador a utilizar se hizo en base a las recomendaciones de textos existentes de quemado de biogás y a la disponibilidad en el mercado local de los mismos. El quemador consiste en un aparato que mezcla un combustible con aire u oxígeno, y controla su combustión por medio de la regulación de la proporción de los mismos.

Caracterización del biogás producido

Se tomaron muestras periódicas de biogás para su caracterización por medio de cromatografía de gases con un equipo marca BUCK SCIENTIFIC, modelo 310 con columna CTR-I y utilizando helio como gas de acarreo, para determinación de porcentajes de oxígeno, nitrógeno, CO₂ y CH₄. Para medición de ácido sulfhídrico y comprobación del dispositivo de desulfurización se utilizó el principio de medición por colorimetría con un analizador de ácido sulfhídrico H₂S SICK MONOCOLOR.

Cuantificación del biogás producido

Debido a que la distancia entre el biodigestor y el quemador de biogás es grande y no se cuenta con un soplador o compresor para evitar gastos adicionales se utiliza solo la presión del biogás en la cámara de almacenamiento del biodigestor por lo que para iniciar la cuantificación del biogás primero se deja cerrada la salida de biogás del biodigestor el tiempo suficiente hasta notar un incremento en el efluente normal del reactor tomándose este punto como presión máxima en este momento se deberá abrir la salida de biogás y se procederá a la medición de biogás con un medidor de flujo másico marca SIERRA INSTRUMENTS, modelo TOP TRAK 820 hasta que la presión disminuya al grado de bajar la flama del quemador. Los siguientes 4 días se debe medir el biogás constantemente conectando el medidor a una computadora por medio de puerto serial RS-232 para poder totalizar los resultados obtenidos.

Evaluación del rendimiento y energía producida con el biogás

Para evaluar los resultados en cuanto al aprovechamiento del biogás se lleva a cabo el análisis de las cinco etapas que han sido aplicadas en el estable las cuales son:

- 1.- Calentamiento de agua para lavado de ubres de las vacas antes de ser ordeñadas.
- 2.- Calentamiento en hornilla de cocina para hervir leche.
- 3.- Motor de combustión interna de 4 H.P.
- 4.- Calentamiento para fabricación de gelatina de requesón.
- 5.- Fabricación de quesos.

Resultados y discusión

Separación de vapor de agua del biogás

Se pusieron a prueba dos tipos de pozos de condensado Figura 1; el primero con salida tipo U el cual no necesita ser operado ya que la purga es automática al rebasar el líquido la altura de la salida del pozo. Este tipo de pozo no fue conveniente debido a que cuando una persona se sube al digestor para manipular la llave de salida o tomar muestras la presión alcanzada en el biodigestor provoca la salida del líquido del tubo y en ocasiones la fuga de biogás. Figura 1(a). Se fabricó y probó un segundo tipo de pozo con válvula de salida el cual no presentó problema ya que se le incluyó una mirilla de nivel de líquido para indicar al operador cuándo deberá abrir la válvula de purgado Figura 1(b).

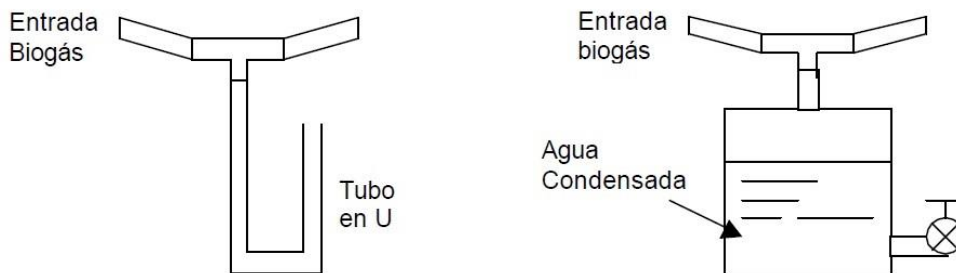


Figura 1 eliminación de agua de condensación en la tubería de biogás.
 a) Trampa de agua de tubo en U b) Separador de agua con válvula de drenaje

Separación de ácido sulfhídrico del biogás

Tomando en cuenta la capacidad máxima teórica de producción de biogás del reactor instalado de 5,540 L /d y la alimentación en modo batch de 150 Kg dividida en 2 cargas de 75 Kg de excretas; una a las 8 AM y la segunda a las 4 PM y un flujo máximo de biogás calculado de 250 L/h se llevó a cabo el diseño y desarrollo de un filtro de acero como se observa en la Figura 2.



Figura 2. Filtro de Acero en PVC cédula 80.

Especificaciones del filtro:

Diámetro interior:	4"
Longitud:	40"
Carga de limadura de hierro:	15 KG
Caudal máximo:	30 m ³ /h
Retención:	8.62 Kg / H ₂ S

Se analizó el biogás a la salida del reactor como referencia encontrándose en promedio la presencia de ácido sulfhídrico a razón de 15.96 ± 0.19 ppm; una vez instalado el filtro se obtuvo una proporción de 3 ppm y a los 5 días de funcionamiento se obtuvo 0.48 ppm. A los 12 meses se le cambió la carga de limadura de hierro y actualmente el filtro se ha operado por 14.5 meses (desde la recarga de hierro) y la proporción de H₂S promedio es de 0.52 ppm.

Aprovechamiento del biogás

Costo inicial de materiales y mano de obra de instalación del biodigestor (enero – mayo 2013): **\$ 17,900.00**

Para analizar los resultados obtenidos en cuanto al aprovechamiento del biogás se hace una comparación de las cinco etapas que se han realizado posteriores a la instalación, puesta en marcha, inoculación y periodo de estabilización del biodigestor:

- Etapa 1.- Calentamiento de agua para lavado de ubres de las vacas antes de ser ordeñadas
Una vez instalado el filtro de ácido sulfhídrico (18 de junio 2013) se hicieron pruebas de calentamiento con el biogás generado en una hornilla con quemador de aluminio y parrilla de hierro. Como al inicio todavía era evidente el olor a ácido sulfhídrico se optó por poner el quemador en un calentador de agua para el lavado de las ubres de las vacas antes de ser ordeñadas. Figura 3.

Costo de 1 calentador usado **\$ 500.00** utilidad del biogás en pesos: **\$221.70**

Tiempo transcurrido	Promedio de Producción diaria Biogás	Producción total aproximada	Aplicación:
39 días 20-06-2013 a 28-07-2013	3,640 L	141,960L	Calentamiento de 30L diarios de agua



Figura 3. Calentador de Agua con quemador de biogás.

Litros de gas ocupados para calentar agua: 8,600 L
Litros de gas quemados para vaciar el biodigestor: 133,360L (\$ 500.88)

- Etapa 2.- Calentamiento en hornilla de cocina para hervir leche.
El 29 de julio de 2013 se instaló una parrilla con dos hornillas para poder hervir leche Figura 4. Hasta esta fecha la leche del establo era vendida a ALPURA a un precio promedio de \$4.60 pesos por Litro. Se inició la oferta al público de leche hervida a \$9.50 el Litro lográndose duplicar el ingreso promedio.

Costo de la parrilla \$ 1,200.00

Utilidad del biogás \$ 87,310.00
Tomando en cuenta el aumento del precio por litro de leche hervida en un año.



Figura 4. Parrilla de 2 quemadores para hervir leche.

- Etapa 3.- Motor de combustión interna de 4 H.P.
Se rescató un motor de gasolina de 4 H.P. que era de un generador eléctrico y con alumnos residentes del Instituto Tecnológico de Orizaba se reacondicionó el motor y se hicieron las adaptaciones para que pudiera ser operado con biogás y ser utilizado para impulsar la trituradora de alimento de las vacas; el consumo de biogás del motor fue de 4,300 Litros por hora lo que resultó más de la mitad de la producción diaria de biogás por lo que no se consideró rentable y se continuó con el hervido de la leche. Para bajar el consumo de gas del motor es necesario comprar un kit comercial de conversión con un costo aproximado de \$ 7,000.00.
Refacciones del motor y conversión a biogás: \$ 2,700.00
- Etapa 4.- Calentamiento para fabricación de gelatina de requesón.
Al no ser viable la opción del motor a gas se optó por agregar la producción de gelatinas de requesón y la venta de las natas de la leche hervida con lo que se pudo aumentar el ingreso sin gastar en modificaciones al sistema de aprovechamiento del biogás.
- Etapa 5.- Fabricación de quesos.

Con la utilidad de la venta de leche hervida, natas se inició la adecuación de un cuarto para la fabricación de quesos como lo son: Fresco, Ricotta, tipo Cottage y Queso crema así como gelatinas de requesón y gelatinas de leche. Los trabajos se iniciaron en enero de 2015 y se terminaron las adecuaciones y la instalación del ducto de biogás el 21 de febrero de 2015. Se diseñó y fabricó un tanque enchaquetado en acero inoxidable para la pasteurización del queso. Figura 5.

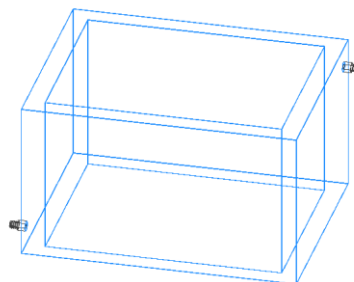


Figura 5. Tanque enchaquetado para pasteurización de leche

El tanque tiene una capacidad de 75 Litros y una vez que se alcanza la temperatura deseada se inyecta agua por la parte inferior para enfriar y la salida de agua del tanque se conecta a un tinaco con aislante térmico para poder utilizar el agua caliente en el lavado de las ubres de las vacas para ser ordeñadas.

Análisis económico:

EGRESOS		INGRESOS	
Biodigestor	\$ 17,900.00	Biogás para calentamiento de agua	\$ 221.70
Calentador de Agua	\$ 500.00	Utilidad venta leche hervida (julio 2013 a julio 2014)	\$ 87,310.00
Parrilla	\$ 1,200.00	Utilidad venta leche hervida y gelatinas de requesón (agosto 2014 a febrero 2015)	\$ 53,200.00
Conversión de motor	\$ 2,700.00	Utilidad venta quesos y gelatinas (marzo 2015 a julio 2015)	\$ 40,500.00
Adecuación cuarto quesos	\$ 8,600.00		
Tanque pasteurizador	\$ 5,500.00		
Tanque de agua de 250L con aislante térmico	\$ 1,800.00		
Costos de operación y mano de obra	\$122,000.00		
Total:	\$160,200.00	Total:	\$ 181,231.70

Saldo Actual: \$ 21,031.70

El análisis demuestra que el proyecto ha resultado en un desarrollo económico para el establo quedando a la fecha un saldo a favor que permitirá la fabricación y puesta en marcha de un segundo reactor anaerobio mejorado y cabe mencionar que durante el estudio se tomó en cuenta que el biodigestor solo tiene capacidad para las excretas de 11 vacas y ahora se cuenta ya con 16 vacas y 4 becerros por lo que también el biogás producido ya no es suficiente para la fabricación de quesos con la leche obtenida diariamente así que se está utilizando gas LP para concluir el proceso.

Trabajo a futuro

Actualmente se está trabajando en el diseño de un segundo biodigestor mejorado el cual al ser puesto en operación permitirá incrementar la producción de energía calorífica y adicionar al proceso la producción de energía motriz para el triturador de pastura del ganado.

Conclusiones

Mediante el presente trabajo se logró optimizar el aprovechamiento de biogás en la producción de quesos y el agua caliente del pasteurizador para el lavado de las ubres de las vacas para ser ordeñadas; obteniéndose a la fecha un desarrollo económico del establo con un balance económico con saldo a favor en el cual no es tomado en cuenta el ingreso del precio base del litro de leche de 4.60 con el que operaba el estable antes del proyecto.

Referencias

1. Masera-Cerutti O., Coralli F., García Bustamante C., Riegelhaupt E., Arias Chalico T., Vega Greff J., Díaz Jiménez R., Guerrero Pacheco G., Cecotti L. (2011). LA BIOENERGÍA EN MÉXICO, Situación actual y perspectivas, *Imagia comunicación* – 4
2. Yurong, L., Nantakorn, B., Sopone, W., Zhiliang, P., y Sodchol, W. (2011). Biogas generation from anaerobic fermentation of animal manures and the nutrient dynamics in the residues. *Suranaree J. Sci. & Technol.*, 18(3), 207-216.
3. Alvarado-Lassmann A., N. A. Vallejo Cantú, A. Martínez Sibaja, J.M. Méndez C., A. Alvarado Lassman (2014). Implementación de un reactor anaerobio de geomembrana en un rancho de ganado vacuno. *Coloquio de investigación multidisciplinaria revista de investigación*. Vol. 2 No. 1
4. INEGI, Cría y explotación de animales en Veracruz de Ignacio de la llave. Censo agropecuario 2007 – 2013 SNIEG.
5. Casas-Prieto M. A., Rivas L. B.A., Soto Z. M., Segovia L. A., Morales M., H. A., Cuevas G. M.I., D. C. M. (2009). Estudio de factibilidad para la puesta en marcha de los biodigestores anaeróbicos en establos lecheros en la cuenca de Delicias, Chih. *Cuarta Época*. 13(8).
6. Doroteo O. J. C. (2012). Aprovechamiento de biogás proveniente del abono de ganado vacuno en un establo ubicado en Ixtapaluca Estado de México. Tesis de Maestría. Maestría en Ingeniería Civil. IPN.
7. EPA, U.S. Environmental Protection Agency (2010). Methane and nitrous oxide emissions from natural sources. Washington, DC, USA.
8. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. (2012). Development of renewable energy sources in Germany 2011. Berlin, Germany.
9. German Biogas Association. (2012). Biogas segment statistics 2011. Freising, Germany.
10. Oslaj, M., and Mursec, B. (2010). Biogas as a renewable energy source. *Technical Gazette*, 17(1), 109-114.

Determinación de metales pesados en sedimentos superficiales de la laguna de las Ilusiones, Villahermosa, Tabasco.

J. M. Cuevas López^{1*}, A. L. Gómez Calzada¹, C. M. Flores Guzmán¹, E. Del Ángel Meraz¹

¹División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma De Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, Km. 1, Col. La Esmeralda, C.P. 86690. Cunduacán, Tabasco, México

*enmanuel10125@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En este trabajo se realizó un análisis de los sedimentos superficiales de la laguna de las Ilusiones ubicada en Villahermosa, Tabasco, con el fin de determinar las concentraciones de metales pesados. Se realizó un muestreo al azar en tres zonas diferentes, las muestras se secaron de acuerdo a la norma NOM-021-SEMARNAT-2000, posteriormente se realizó la digestión de las muestras por las normas EPA 3050B y NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. La norma NMX-AA-132-SCFI-2006 se utilizó para las determinar las concentraciones de metales pesados, utilizando el espectrofotómetro de absorción atómica. El pH fue medido con la norma NOM-021-RECNAT-2000 y registró valores en el rango de $6.0-7.4 \pm 0.4915$. Se evaluaron los metales pesados cadmio y plomo, los rangos de concentración para el Cd están entre $1.95-3.05 \pm 0.6082 \text{ mg kg}^{-1}$, el plomo con un rango de concentración de $35.75-49.02 \pm 6.675 \text{ mg kg}^{-1}$. El metal pesado que se registró en mayor proporción fue el Pb. Se concluye que la laguna está contaminada por descargas ilícitas de aguas negras procedentes de las viviendas cercanas, desechos de hospitales, infiltración de otras lagunas contaminadas.

Palabras clave: contaminación de agua, laguna de las Ilusiones, metales pesados, sedimentos.

Abstract

This paper presents an analysis of the surface sediments of Lake Illusions located in Villahermosa, Tabasco, in order to determine the concentrations of heavy metals were performed. Random sampling was conducted in three different areas, the samples were dried according to the NOM-021-SEMARNAT-2000 standard, then digestion of the samples by the regulations EPA 3050B and NOM-147-SEMARNAT / SSA1-2004 held. NMX-AA-132-SCFI-2006 standard was used for determining the concentrations of heavy metals, using the atomic absorption spectrophotometer. The pH was measured with NOM-021-RECNAT-2000 standard and registered values in the range of $6.0-7.4 \pm 0.4915$. Heavy metals cadmium and lead were evaluated for concentration ranges are between $1.95-3.05 \text{ cd} \pm 0.6082 \text{ mg kg}^{-1}$, lead to a concentration range of $35.75-49.02 \pm 6.675 \text{ mg kg}^{-1}$. The heavy metal was recorded at higher rates Pb. We conclude that the lake is polluted by illegal discharges of sewage from nearby houses, hospital waste, and infiltration of other polluted lakes.

Introducción

Los mantos acuíferos (ríos, lagos o lagunas) son los que presentan mayores daños por los desechos que originan las actividades agrícolas, urbanas e industriales; éstos no se depositan directamente en ellos sino que la mayoría de las veces son arrastrados por el agua de lluvia e incluso por algún río que descargue en una laguna. Es por ello que se ha considerado analizar la composición de los contaminantes presentes en los mantos acuíferos desde 1978, año en el que se inicia con el Programa de la Red Estatal de Calidad del Agua (PyMME, 1986). Sin embargo, sus lagunas continentales han sido escasamente atendidas, pues se le ha dado mayor prioridad a las corrientes superficiales (Rodríguez *et al.*, 1994).

Muchos de los contaminantes que ingresan a un cuerpo de agua superficial, por vía natural o antropogénica, quedan retenidos en los sedimentos que se depositan en el fondo del cauce, causando efectos tóxicos sobre los sistemas acuáticos. Estos depósitos tienen un gran valor científico para el estudio de estos ecosistemas, pues conservan un registro histórico del tipo de contaminación que ha tenido lugar en las zonas próximas a su recorrido, y al interaccionar con las corrientes de agua ponen en circulación los contaminantes retenidos, alterando la dinámica general de la masa de agua. Así, variaciones de pH, salinidad y de las propiedades redox de las corrientes de agua pueden provocar movilización y suspensión de especies químicas acumuladas en los sedimentos, incrementando su efecto nocivo, como ocurre con los metales pesados (Herrera *et al.*, 2012).

Los metales pesados provienen en gran medida de fuentes antropogénicas, como desechos domésticos, agrícolas e industriales, y constituyen un peligro para la biota acuática y el ser humano, así como un factor de deterioro ambiental. Estos elementos se acumulan principalmente en los sedimentos superficiales de los ríos, aunque pueden encontrarse concentraciones relativamente elevadas a una profundidad de 15 cm y guardan una estrecha relación con el tamaño de las partículas que constituyen el sedimento (limo, arcilla y arena) y con la cantidad de materia orgánica sedimentaria, alterando el equilibrio ecológico y biogeoquímico del ecosistema (Herrera *et al.*, 2012).

Los sedimentos contaminados representan un riesgo para la biota ya que algunas de las sustancias presentes pueden bioacumularse en diversas especies acuáticas. En lagos y lagunas, las fuentes más importantes de contaminantes son las descargas industriales y municipales. (Leal *et al.*, 2009). Incluso otra fuente local son las descargas difusas de origen agrícola, así como la deposición de partículas de fuentes fijas atmosféricas (Tsukatani *et al.*, 2003). Entre las sustancias cancerígenas descargadas con mayor frecuencia a aguas superficiales el 42% son metales, destacando el Ni, Cr, Pb, As, Co y Be (EPA, 2003).

Los sedimentos en sistemas acuáticos, tanto de agua dulce como marina, son matrices complejas, dinámicas y compuestas de materia orgánica en diversos estados de descomposición, partículas de material que varía en tamaño y composición química, así como material inorgánico de origen biológico y antropogénico. Sin embargo numerosos contaminantes acuáticos están asociados a depósitos finos y ricos en materia orgánica: la manera en como dichos contaminantes interactúan con los depósitos, determinan su destino ambiental, biodisponibilidad y su toxicidad (Chen y White, 2004). El análisis de sedimento superficial, utilizando la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, permitió identificar el nivel de contaminación presente en la laguna de las Ilusiones con respecto a metales pesados (Cd y Pb).

Metodología

Materiales

Frascos de plástico de un litro, balanza analítica marca Denver Instrument, potenciómetro marca Meter, estufa de secado marca Felisa, malla 600 μm , Hidrómetro de Bouyoucos, horno de microondas MARXS modelo 907501, papel Whatman número 40, espectrofotómetro de absorción atómica modelo Analyst 300, materiales de referencia certificados con trazabilidad NIST 2710.

Muestreo

Con base en la metodología de evaluación de riesgo integral (Mejía *et al.* 2002), se realizó un muestreo exploratorio, para ello, se dividió la laguna en tres zonas (ZI, ZII, ZIII), se recolectaron 6 muestras de sedimento superficial de cada zona para un total de 18 muestras de cada matriz. Frascos de plástico de un litro previamente lavados con una solución de ácido nítrico al 2 % se usaron para la determinación de metales en sedimentos.

Análisis de pH

Se pesó 1 g de suelo seco en una balanza analítica marca Denver Instrument y se colocó en un vaso de precipitados de 25 ml. Enseguida se agregó 10 ml de agua destilada, se agitó y se dejó reposar durante 10 min. Para determinar el pH en solución acuosa se utilizó un potenciómetro marca Meter, ajustando el rango de medición con soluciones amortiguadoras de pH = 4 y pH = 7, al transcurrir el tiempo indicado se midió el pH de cada una de las muestras (Fernández *et al.*, 2006).

Caracterización fisicoquímica de algunos parámetros del sedimento superficial

Los parámetros fisicoquímicos de los sedimentos se analizaron de acuerdo a la norma mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000). El sedimento se colocó en la estufa a 60 °C hasta la sequedad (5-7 días), para evitar que las muestras fueran alteradas por el exceso de humedad, se guardaron en bolsas de polietileno y se amarraron herméticamente. Debido al exceso de piedras, hojas, vidrios y algunos materiales de hierro que presentaban las muestras, se realizó una limpieza exhaustiva de las mismas para obtener una pureza mayor del sedimento seco. Posteriormente efectuamos un tamizado previo para reducir el volumen de todas las muestras a analizar porque su tamaño no estaba distribuido uniformemente. Finalmente se tamizó por malla 600 µm para obtener un tamaño de partícula homogénea. A las muestras se les determinó pH (descrito anteriormente) y Textura (Hidrómetro de Bouyoucos).

Cuantificación de cadmio y plomo en sedimento superficial

El proceso de análisis se realizó en dos etapas, la primera fue la digestión (EPA 7420), en la que se solubilizaron los componentes de la muestra y en la segunda, se cuantificaron los metales en el extracto obtenido (Benavides 2006). Se colocó 0.25 g de sedimento tamizado y seco en un vaso del horno de microondas MARXS modelo 907501: A cada vaso se le adicionó 6 ml de ácido nítrico concentrado. Posteriormente se aplicó 800 W de potencia y 4 rampas de temperatura (25 a 60 °C/10 min, 60 a 100 °C/5 min, 100 a 150 °C/5 min, y 150 a 190 °C/15 min). Se filtró con papel Whatman número 40 y se aforó a 25 ml con ácido nítrico. La cuantificación de metales se llevó cabo en un espectrofotómetro de absorción atómica modelo Analyst 300, previamente calibrado con materiales de referencia certificados con trazabilidad NIST 2710 (National International Standard Technology).

Resultados y discusión

Determinación de pH

La Figura 1 indica el valor de pH obtenido de seis muestras, procedentes de tres zonas diferentes. Considerando la NOM-021-RECNAT-2000 llegamos a la conclusión de que el sedimento de la Laguna de las Ilusiones presenta un pH= 6.9, es decir es neutro de acuerdo a los parámetros establecidos en la Tabla 1:

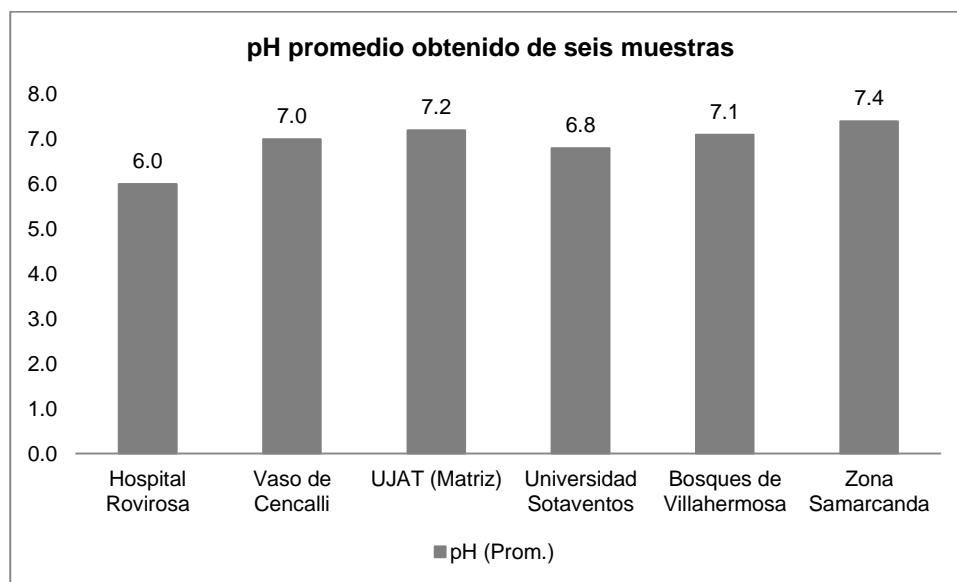


Figura 1. pH promedio de seis muestras localizadas en tres zonas diferentes

Tabla 1. Criterios de evaluación de un suelo con respecto a su pH.

Categoría	Valor de pH
Fuertemente ácido	< 5.0
Moderadamente ácido	5.1 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.3
Medianamente alcalino	7.4 - 8.5
Fuertemente alcalino	8.5

Fuente: NOM-021-RECNAT-2000

Determinación de la textura

Para todas las muestras analizadas, se encontró una alta proporción de arena en su composición, mientras que las fracciones arcillosa y limosa se hallaron en menor cantidad. La predominancia de la fracción arenosa sobre la arcillosa puede deberse a la topografía irregular del terreno así como a procesos erosivos y sedimentarios del lecho. Además, en la época seca, cuando el fenómeno de sedimentación supera al de mezcla, la fracción fina que se deposita sobre la gruesa es más susceptible al arrastre por las corrientes de agua, lo cual, sumado a la disminución en el aporte de materiales de las vertientes de la laguna, permite que aumente la proporción de materiales gruesos en el sustrato (Herrera *et al.*, 2012).

La Figura 2 muestra la composición promedio del sedimento de la laguna. Los resultados del análisis de textura demostraron que el tipo de suelo de la laguna de las Ilusiones, ubicada en la ciudad de Villahermosa, Tabasco; presenta alto contenido de arena en su composición natural por lo que determinamos que es del tipo Franco arenoso (suelos francos, textura moderadamente gruesa) de acuerdo con las normas de clasificación de suelos del departamento de los Estados Unidos (USDA) y Canadá.

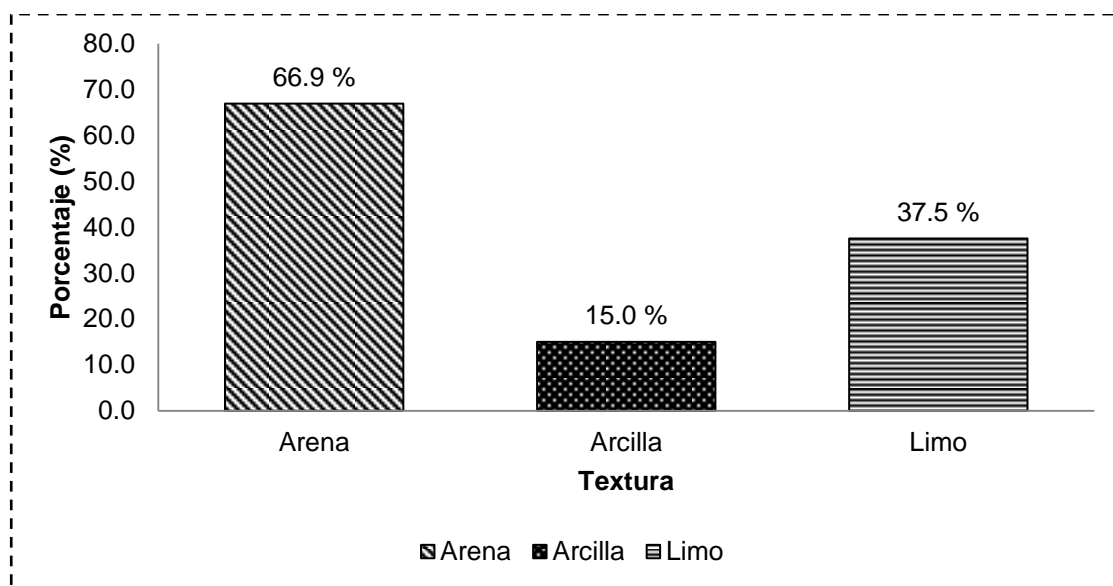


Figura 2. Textura promedio presente en el suelo de la laguna de las Ilusiones.

La Tabla 2 establece los parámetros de composición de arena, arcilla y limo para identificar el tipo de suelo predominante de la laguna, de acuerdo con el departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA) y con algunos países europeos (antigua sociedad soviética).

Tabla 2. Clases texturales de suelos, según el USDA

Nombres vulgares de los suelos(textura general)	Arenoso	Limoso	Arcilloso	Clase textural
Suelos arenosos (textura gruesa)	86-100	0-14	0-10	Arenoso
	70-86	0-30	0-15	Franco arenoso
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	50-70	0-50	0-20	Franco arenoso
Suelos francos (textura mediana)	23-52	28-50	7-27	Franco
	20-50	74-88	0-27	Franco limoso
	0-20	88-100	0-12	Limoso
Suelos francos (textura moderadamente fina)	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso
	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso
	0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso
Suelos arcillosos (textura fina)	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso
	0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso

Las letras en negrita indican el tipo de suelo presente en la laguna de las Ilusiones de Villahermosa, Tabasco.

Determinación de cadmio y plomo

La Figura 3 y la Figura 4 muestran la concentración promedio de cadmio y plomo encontrados en seis muestras tomadas de tres zonas diferentes. Considerando las normas establecidas por el departamento de agricultura de Nueva Jersey para la evaluación de metales pesados en sedimentos superficiales de agua dulce, los resultados obtenidos en las zonas sobrepasan los límites máximos permisibles para el cadmio (0.6 - 0.990 mg kg⁻¹) y el plomo (31- 35.8 mg kg⁻¹). Por otra parte, el departamento de suelos agrícolas de Canadá, indican que los límites máximos permisibles de metales pesados en suelos agrícolas son 1.4 mg kg⁻¹ para el cadmio y 70 mg kg⁻¹ para el plomo.

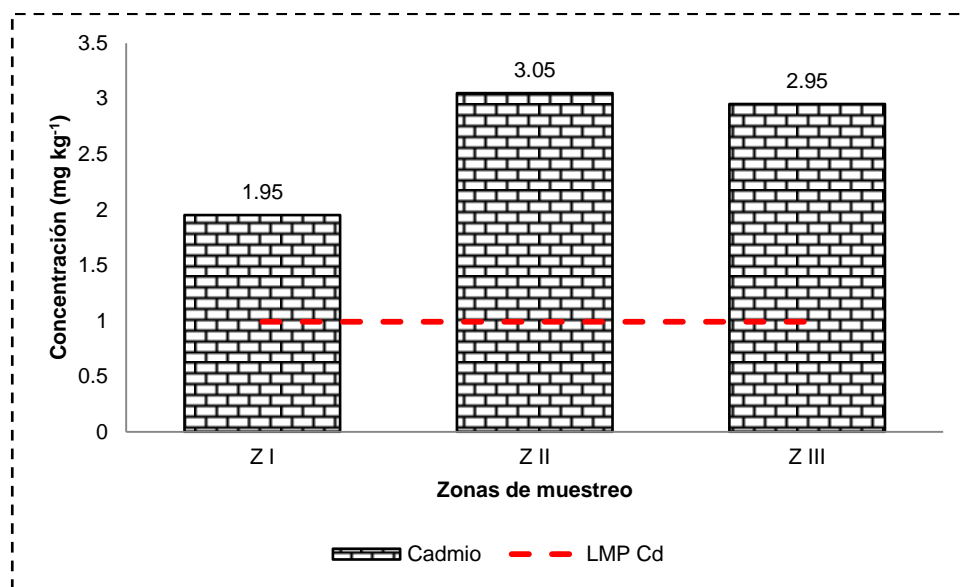


Figura 3. Concentración promedio de cadmio

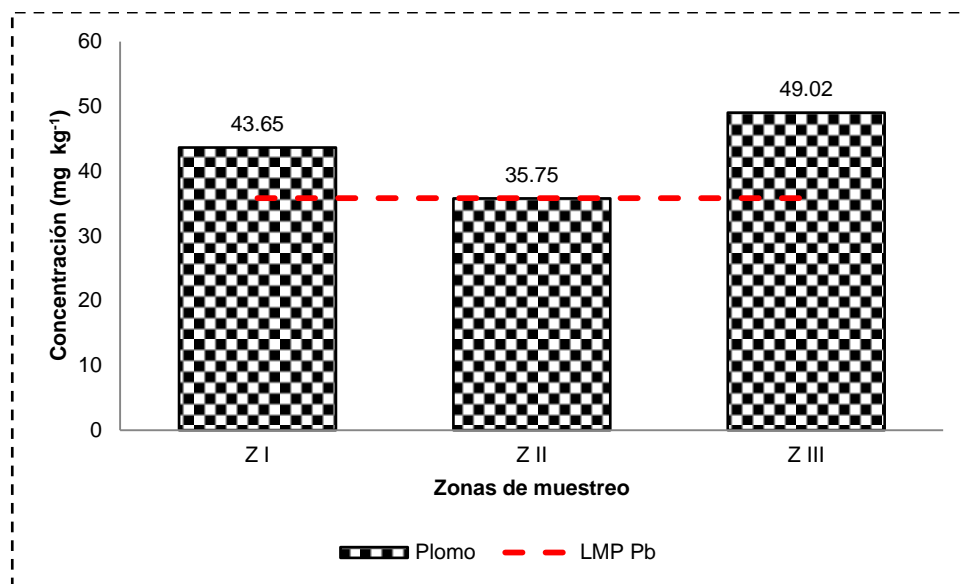


Figura 4. Concentración promedio de plomo

Trabajo a futuro

Se piensa realizar otros estudios más adelante, tanto de monitoreo como de diagnóstico, medidas de mitigación y posibles tratamiento, que serían materia para otras tesis basadas en los resultados obtenidos.

Conclusiones

En este sitio de estudio el pH encontrado en las zonas de muestreo fue neutro considerando la los parámetros establecidos en la NOM-021-RECNAT-2000, mientras que el análisis de textura demostró que el tipo de suelo de la laguna de las Ilusiones es del tipo Franco arenoso (suelos francos, textura moderadamente gruesa) de acuerdo con las normas de clasificación de suelos del departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA). Por otra parte, las concentraciones promedio de cadmio y plomo se encuentran dentro de los rangos decretados en la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. Sin embargo, sobrepasan el límite máximo establecido en otros países, como el departamento de agricultura de Nueva Jersey en Estados Unidos y Canadá, esto indica que la biota ha sido afectada al acumularse altas concentraciones de dichos metales en el sistema de estudio. Por lo que, las autoridades deben tomar conciencia de lo peligros inminentes a los que puede estar expuestos las poblaciones cercanas.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y, a la División Académica de Ingeniería y Arquitectura por el Fondo de Investigación UJAT clave UJAT-2013-IA-05, para la realización de este proyecto de investigación.

Referencias

1. United States Environmental Protection Agency (EPA, 2003). Air Quality System (AQS). Recuperado 25 de mayo de 2015, http://www.epa.gov/ttnca1/cica/help/haqshaps_s.html.
2. United States Environmental Protection Agency (EPA 2003). EPA 7130 Method y EPA 7420 Method. Recuperado 30 de mayo de 2015, <http://www.caslab.com/EPA-Methods-7000-Series>
3. Benavides A., Magdaleno B., y Alarcón M. (2006) Determinación espectrofotométrica de plomo en plantas. *Boletín de Mineralogía*, (17), 91-3.
4. Chen, G. y White, P.A. (2004). The mutagenic hazards of aquatic sediments: a review. *Mutagenesis Section, Safe Environments Program, Health Canada*, (567), 151- 225.
5. United States Department of Agriculture. (USDA, 2014). Recuperado 25 de mayo de 2015, http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_054167.
6. Fernández, L. C. Rojas., N. G., Roldán, T. G., Ramírez, M. E., Zegarra, H. G., Uribe, R., Reyes, R. J., Flores, D. y Arce, J. M. (2006). *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados*. (1a.ed). México: Editorial del Deporte Mexicano.
7. Herrera, J., Rodríguez J., Coto, J., Salgado, V. y Borbón, H. (2012). Evaluación de metales pesados en los sedimentos superficiales del río Pirro. *Tecnología en marcha*, 26 (1), 27-36.
8. Leal-Ascencio, M., Miranda, S., Otazo Sánchez, E., Prieto-García, F. y Gordillo, A. (2009). Metals pollution in the Limon lagoon, Chiapas, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10 (3), 415-421.
9. Mejía, J., Yáñez, L., Carrizales, L. y Díaz-Barriga, F. (2002). *Evaluación integral del riesgo en sitios contaminados: una propuesta metodológica*. Recuperado el 4 de abril de 2015, del Sitio web Laboratorio de Toxicología Ambiental Facultad de Medicina Universidad Autónoma de San Luis Potosí. <http://ambiental.uaslp.mx/docs/FDB-EvalRiesgo.pdf>.
10. Palma L. D. J., Cisneros D. J., Moreno C.E. y Rincón R. J. A. (2007). Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. *Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México*, 195.
11. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.
12. Proyecto de norma oficial mexicana PROY-NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por Arsénico, Berilio, Cadmio, Cromo hexavalente, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio, Talio y Vanadio.
13. Rodríguez Rodríguez, E., Ruíz Ruíz, M. y Vertíz Pérez, L. A. (1992-1994). Procesos de eutrofización en siete lagunas urbanas de Villahermosa, Tabasco, México. 2.
14. Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental (SERNAPAM 2014). Conservación. Disponible en <http://sernapam.tabasco.gob.mx/tags/conservacion> Consultado el día 20 de enero de 2015.
15. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT 2014). Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas (CONANP 2014). Reservas de la biosfera. Disponible en http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/reservas_biosfera.php. Consulta 24 de enero de 2015.
16. Tsukatani, H., Tanaka, Y., Sera, N., Shimizu, N., Kitamori, S. & Inoue, N. (2003). Validity of mutagenic activity as an indicator of river water pollution. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 8, 133–138.

Construcción y estudio hidrodinámico de un reactor anaerobio en configuración en paralelo a escala laboratorio

A. P. Juárez-García, A. Alvarado-Lassmann, N. A. Vallejo-Cantú, A. Alvarado-Lassman^{1*}

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba

Av. Tecnológico N° 852 Col. Zapata. C.P. 94320 Orizaba, Ver.

Tel./Fax. (272) 72 5 70 56

*lassman@prodigy.net.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

El tratamiento de efluentes industriales que involucran grandes volúmenes y una carga orgánica elevada, siguen siendo un problema sin una solución total. Se han desarrollado reactores anaerobios de segunda generación que han atendido en parte el problema, sin embargo es necesario desarrollar nuevas tecnologías utilizando reactores de alta carga que a su vez puedan tratar mayores volúmenes en espacios reducidos. Los reactores de lecho fluidizado inverso resultan una alternativa atractiva, sin embargo su escalamiento requiere de mejoras que lo hagan competitivo. En este trabajo se construyó un reactor de lecho fluidizado inverso en configuración en paralelo, evaluándose los aspectos hidrodinámicos de velocidad descendencial y expansión del lecho utilizando diferentes volúmenes de soporte. Los resultados preliminares indican que la configuración en paralelo presenta ventajas con respecto a la configuración tradicional, mientras que las pruebas hidrodinámicas presentan buena estabilidad al utilizar un 30% de soporte.

Palabras clave: Reactor anaerobio, configuración en paralelo, estudio hidrodinámico.

Abstract

Treatment of industrial effluents that involve large volumes and high organic loads remains a problem without a total solution. The issue was attended in part with second generation anaerobic reactors, however it is necessary to develop new technologies using high loading reactors which can treat higher volumes in reduced spaces. The inverse fluidized bed reactors are an attractive alternative, but in order to achieve an efficient scale up, improvements that make it competitive are required. In this work, an inverse fluidized bed reactor in parallel configuration was constructed, evaluating descensional velocity and bed expansion as hydrodynamic variables and using different volumes of support material. Preliminary results indicate that the parallel configuration has advantages over the traditional configuration, while the hydrodynamic tests show good stability when using 30% support.

Introducción

Desde la antigüedad el problema de la contaminación ambiental ha sido múltiple, presentándose en formas muy diversas a través de efectos directos o indirectos que dañan seriamente la atmósfera, suelo, agua y seres vivos. Esto ha sido provocado en su totalidad o en parte por la acción humana. Por otro lado, el agotamiento de los combustibles fósiles y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero han dado lugar a una demanda urgente de energía limpia [Chong et al., 2012].

Los tratamientos biológicos aerobios y anaerobios constituyen dos grandes alternativas para la depuración de aguas residuales y residuos orgánicos biodegradables. Sin embargo, el tratamiento anaerobio resulta mucho más favorable económicamente por el hecho de no requerir aireación, y por la generación de biogás (metano y dióxido de carbono), que se puede utilizar como energía alternativa, lo que permite en muchos casos la autosuficiencia de las plantas de tratamiento [Cervantes-Zepeda et al., 2011].

La biodegradación anaerobia se lleva a cabo dentro de tanques totalmente cerrados, denominados reactores debido a la reacción bioquímica de descomposición que se realiza en ellos [Escudíe et al., 2011]. En la generación más reciente de reactores anaerobios, los microorganismos se adhieren a un material de soporte

formando biopelículas, que se expanden o fluidifican con altas velocidades de flujo, lo cual proporciona la ventaja de tratar efluentes con altas cargas volumétricas en menor tiempo a comparación de otros sistemas [Chun-Sheng et al., 2006]. El flujo ascendente o descendente del lecho de partículas de soporte se logra a través de una corriente de recirculación, lográndose de esta manera la fluidización. Los materiales de soporte son variados e incluyen arena, material plástico, cerámica, carbón y otros tipos de materiales. Ejemplos de estos sistemas, son los reactores de lecho fluidizado (LF) de flujo ascendente o descendente (inverso), lecho de lodos granular expandido (EGSB), reactor de biopelícula en suspensión por una corriente de aire (BAS) y reactor de circulación interna (IC) [Nicoletta et al., 2000].

Los sistemas convencionales de tratamiento anaerobio ofrecen excelentes eficiencias de remoción, sin embargo no reúnen los criterios necesarios para la sustentabilidad de las inversiones en México y países en vías de desarrollo, donde los recursos de capital y mano de obra calificada son limitados. Por ello surge la necesidad de adoptar tecnologías de tratamiento modernos capaces de remover los principales contaminantes, con bajos costo de construcción, mantenimiento, económicamente factibles y autosostenibles [Pérez y Villegas, 2004].

Actualmente los Reactores de Lecho Fluidizado Inverso (RLFI) son mayormente empleados para el tratamiento biológico anaerobio, por ser un sistema capaz de trabajar a altas cargas volumétricas, en espacios reducidos, en menor tiempo y con menores requerimientos energéticos en comparación con otros sistemas [Sokoł et al., 2008]. Sin embargo, a nivel industrial aún no pueden ser utilizados, debido a que los grandes volúmenes de aguas residuales, provocan que las dimensiones de los reactores aumenten considerablemente. Conforme el tamaño de un RLFI incrementa se dificulta mantener un flujo adecuado para lograr una expansión homogénea del lecho sin pérdida del material de soporte en el efluente. También se requerirían más bombas y de mayor potencia para tener una buena fluidización, lo que incrementaría el costo de capital y energético.

Por lo anterior, el objetivo de este proyecto es la construcción y estudio hidrodinámico de un sistema de tratamiento anaerobio en configuración en paralelo para lograr mayor estabilidad que en el sistema de lecho fluidizado inverso convencional, esto en base a las dimensiones para su construcción, costo económico y energético, la medición del lecho expandido, el desarrollo de la biopelícula y producción de biogás.

Metodología

Diseño y construcción del reactor anaerobio en configuración en paralelo

El reactor fue diseñado mediante una configuración de tres lechos fluidizados inversos en paralelo. Este número fue seleccionado tomando en cuenta que se debe mantener un porcentaje adecuado de material de soporte (entre 10-40%), que el material debe mantenerse fluidizado y por último que el soporte no salga por la parte inferior del reactor. Otros de los factores que se consideraron en el diseño y construcción del reactor, tomando en cuenta experiencias previas [Alvarado-Lassman, 2013; Alvarado, L. A., 2012; Lastre, P. J., 2012; Alvarado-Lassman, 2008; Lozano, M. V., 2005] fueron: forma del cuerpo del reactor (cilíndrica), porcentaje del volumen total y del volumen de trabajo del reactor (Tabla 1), tiempo de residencia hidráulico (TRH), caudal mínimo de trabajo, dimensionado del lecho (diámetro y altura) y del sistema de bombeo, selección de la expansión y material de soporte que en este caso es Extendosphere™ debido a que tiene una densidad inferior al agua y a que su forma esférica permite una expansión más homogénea del lecho, evaluación de los efectos causados por el crecimiento de la biopelícula, elección del sustrato y efecto de la producción de biogás.

Tabla 1. Porcentaje del volumen total y de trabajo del reactor

Volumen total	%	Volumen de trabajo	%
Trabajo	85	Inóculo	30
Cámara de biogás	15	Útil	70
Total del reactor	100	Trabajo	100

El reactor fue construido de tubos de acrílico cristal, el cual es un material que brinda alta resistencia a la rotura, no permite fugas, ni adherencia de la biopelícula en sus paredes y por su excelente transparencia permite una alta calidad óptica. Otras piezas del reactor fueron elaboradas con Naylamid, material ligero de color hueso,

muy resistente a golpes y a la corrosión. En la Figura 1 se muestra un diagrama esquemático y fotografía del reactor.

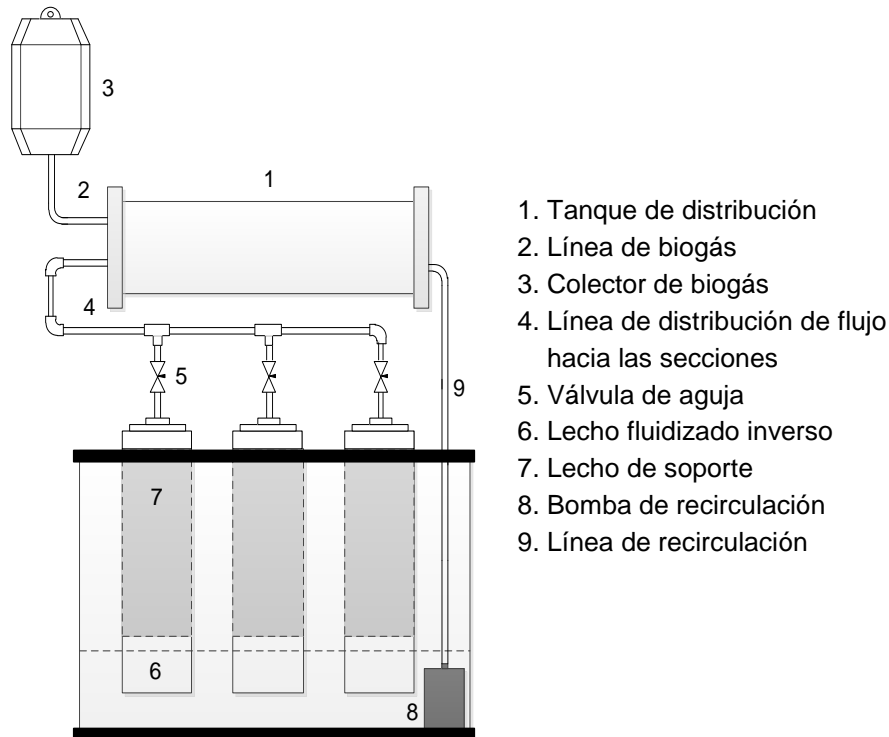


Figura 1. Diagrama esquemático y fotografía del reactor anaerobio en configuración en paralelo

Se utilizó como tanque de distribución un tubo de acrílico con capacidad de 1 L, sellado por ambos lados con tapas maquinadas de Nylamid. El tanque cuenta con entradas para la alimentación, recirculación así como la salida para la captación de biogás.

Para la recirculación del efluente se empleó una sola bomba marca Aquasub con capacidad de 450 L/h y altura máxima de 0.90 m, que alimentó el tanque de distribución que a su vez proporcionó el flujo de alimentación a cada sección de los lechos fluidizados inversos. Para la captación del biogás se acondicionó una bolsa de PVC con capacidad de 1 L. Los accesorios como codos, nipples y tees son de PVC de 1/2" de la marca Spears®, algunos adaptadores para las conexiones de nylamid, válvulas de aguja de 1/8" de latón marca Parker® y mangueras de plástico.

Para montar el reactor se diseñó y construyó una carcasa de material de PVC, el tanque de distribución así como la bolsa de captación de biogás van en la parte superior y el sistema en paralelo en la parte de abajo. El reactor anaerobio en configuración en paralelo se instaló en el Instituto Tecnológico de Orizaba, en el laboratorio de Ingeniería Ambiental I.

Pruebas hidrodinámicas

Como se mencionó previamente se utilizó Extendsphere como medio de soporte el cual consiste en pequeñas partículas de sílice con una burbuja de aire en el interior. Tiene una densidad de 0.69 g/mL y un diámetro promedio de partícula de 170 μm [Alvarado-Lassman, 2008], con una superficie específica muy grande de 20,000 m^2/m^3 .

Las pruebas se realizaron con 10, 20, 30 y 40% de soporte en base al volumen útil de los RLFI como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Volúmenes de soporte

% volumen	mL Extendsphere™	cm de lecho
10	29	1.8
20	57	3.6
30	86	5.4
40	118	7.2

Una vez introducido el soporte en los RLFI se esperó aproximadamente unos 30 min a que el lecho se compactara y se hicieron pasar diferentes flujos de agua a través del mismo por la parte superior de menor a mayor, esperando entre cada uno a que el lecho compactara para tomar correctamente la medición. El flujo fue regulado por 2 válvulas de aguja de 1/8", una marca Parker® (Válvula 1) y otra de marca SMC® (Válvula 2), en base al número de vueltas a la aguja se determinó la velocidad y el flujo (Tabla 3). Esto se realizó con la finalidad de observar el comportamiento de expansión del lecho al ser fluidizado y poder determinar la velocidad de flujo tanto de alimentación como de recirculación.

Tabla 3. Flujos utilizados en las pruebas hidrodinámicas

Velocidad	Válvula 1 Flujo (mL/min)	Válvula 2 Flujo (mL/min)
1	16	7
2	34	26
3	100	42
4	126	108
5	144	168
6	232	194
7	288	284
8	328	238

Resultados y discusión

Características del reactor anaerobio en configuración en paralelo

El reactor en configuración en paralelo ofrece ventajas con respecto a los reactores de lecho fluidizado inverso en una sola columna, ya que con fines de escalamiento el reactor en paralelo tiene una relación altura diámetro inferior al reactor de una sola columna (21/5) lo que a nivel laboratorio no es complicado de manejar, sin embargo si hablamos de que a nivel industrial se pueden requerir en muchas ocasiones volúmenes de reactor mayores a 50 m³ las columnas serían sumamente elevadas y su manejo mucho más complicado. Con respecto al número de bombas, también se obtuvo un ahorro sustancial, ya que en el caso del reactor tradicional se utilizan dos bombas, mientras que en el reactor en paralelo se utiliza solamente una con un flujo combinado de alimentación y recirculación que se logra a través del tanque de distribución.

Uno de los inconvenientes que aún se presentan en el sistema en paralelo es que requiere de un control mucho más sofisticado para realizar la distribución de flujo en las tres secciones, ya que el flujo individual depende de la expansión del lecho que a su vez depende de la colonización de cada sección. De acuerdo con [Schreyer y Coughlin, 1999] a medida que se realiza la colonización del medio de soporte, se observa estratificación del lecho lo que en nuestro caso se verá reflejado en un incremento de la densidad del soporte de manera dinámica lo que implica variaciones en la expansión utilizando el mismo flujo de alimentación.

Pruebas hidrodinámicas

Las diferentes pruebas hidrodinámicas que se realizaron con la Válvula 1 se muestran en la Tabla 4. Todos los experimentos fueron realizados por triplicado.

Tabla 4. Condiciones hidrodinámicas experimentales

Cantidad de soporte (%)	Velocidad descendional (m/h)							
	0.60	1.28	3.77	4.75	5.43	8.75	10.86	12.37
10	x	x	x	x	x	x	x	x
20	x	x	x	x	x	x	x	x
30	x	x	x	✓	✓	✓	✓	-
40	x	x	x	x	-	-	-	-

✓ Expansión, x Sin expansión, - Excede expansión

Al utilizar 10 y 20% de soporte con altas velocidades ocurrió una ligera expansión, que al transcurso de 30 min se compacto nuevamente. En el caso del 40% de soporte y velocidades más altas de 5.43 m/h causó pérdidas considerables de soporte. Con 30 % de soporte y velocidades mayores a 4.75 m/h y menores a 10.86 m/h, se observó una adecuada y gradual expansión del lecho. Teniendo en cuenta la velocidad descendional y la expansión del lecho, una cantidad de soporte igual al 30% del volumen de trabajo del reactor, parece ser el adecuado para obtener el mejor contacto entre los microorganismos y el sustrato. La expansión relativa del lecho (30% de soporte) se muestra en la Tabla 5, esta se define por la relación de la altura del lecho estático a la altura de la columna (H/Ho).

Tabla 5. Expansión del lecho (30% de soporte)

Velocidad	Velocidad descendional (m/h)	Lecho (cm)	% de expansión del lecho
1	0.60	0	0
2	1.28	0	0
3	3.77	0	0
4	4.75	5.6	37.33
5	5.43	8.6	57.33
6	8.75	10.6	70.67
7	10.86	12.6	84.00
8	12.37	-	-

En la Figura 2 se observa el perfil de la expansión relativa del 30% de soporte de Extendosphere™ contra la velocidad descendional. Conforme la velocidad aumenta gradualmente la expansión del lecho también, alcanzando hasta un 84% de la expansión.

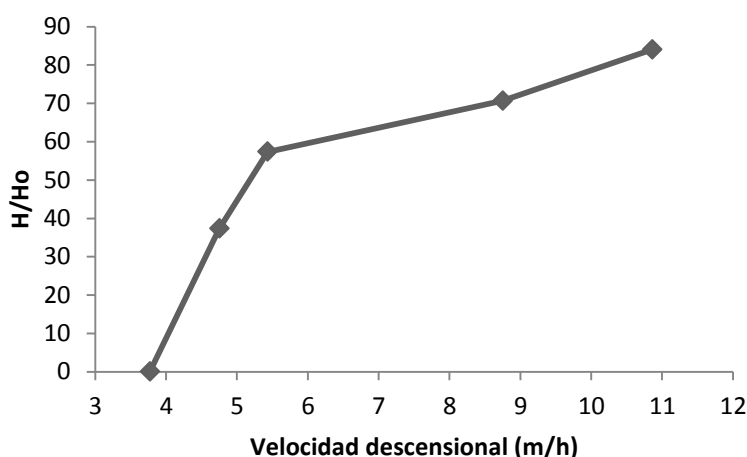


Figura 2. Expansión del 30% de soporte Extendosphere™

Trabajo a futuro

La segunda fase de este proyecto de investigación, comprende el arranque y estabilización del reactor anaerobio en configuración en paralelo, empleando un sustrato simple estandarizado. Durante el arranque se llevará a cabo la adecuación del inóculo y desarrollo de la biopelícula, esta etapa se iniciará con la aplicación de cargas orgánicas bajas y posteriormente se irán incrementando, hasta alcanzar las condiciones de diseño de carga orgánica e hidráulica y la eficiencia de remoción de materia orgánica.

Conclusiones

Se diseñó y construyó un reactor anaerobio en configuración en paralelo, esperando que al arranque y estabilización del mismo se compruebe que es un sistema de tratamiento anaerobio funcional así como económicamente y energéticamente factible. Con las pruebas hidrodinámicas se determinó que la cantidad de soporte a utilizar para la operación del reactor es del 30%.

Referencias

1. Alvarado-Lassman, A., Aguilar-Montor, Y. J., Méndez-Contreras, J. M., Martínez-Delgadillo, S. A. y Vallejo-Cantú, N. A. (2013). Efecto de la presencia de biopelícula en la distribución de tiempos de residencia en un reactor de lecho fluidizado inverso. Memorias del XXXIV Encuentro Nacional y III Congreso Internacional de AMIDIQ. 2361-2366.
2. Alvarado, L. A. (2012). "Diseño e implementación de un reactor de lecho fluidizado inverso (LFI) a escala piloto para el tratamiento de la fracción soluble de residuos sólidos municipales (RSM)". Tesis de grado. Maestría en Ciencias en Ingeniería Química. I. T. de Orizaba.
3. Alvarado-Lassman, A., Rustrián, E., García-Alvarado, M. A., Rodríguez-Jiménez, G. C. y Houbron, E. (2008). Brewery wastewater treatment using anaerobic inverse fluidized bed reactors. *Bioresource Technology*. **(99)** 3009-3015.
4. Cervantes-Zepeda, A. I., Cruz-Colín, M. R., Aguilar-Corona, R., Castilla-Hernández, P. y Meraz-Rodríguez, M. (2011). Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua tratada en un reactor UASB escala piloto. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. **(10)** 67-77.
5. Chun-Sheng, W., Ju-Sheng, H. y Hsin-Hsien, C. (2006). Influence of internal biogas production on hydrodynamic behavior of anaerobic fluidized-bed reactors. *Water Research*. **(46)** 126-136.
6. Chong, S., Kanti, S. T., Kayaalp, A. y Ming, A. H. (2012). The performance enhancements of upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors for domestic sludge treatment. *Water Research*. **(46)** 3434-3470.
7. Escudié, R., Cresson, R., Delgenès, J. P. y Bernet, N. (2011). Control of start-up and operation of anaerobic biofilm reactors: An overview of 15 years of research. *Water Research*. **(45)** 1-10.
8. Lastre, P. J. (2012). "Acoplamiento de las dos etapas de un sistema anaerobio (EGSB-LFI) a nivel planta piloto para el tratamiento de la fracción soluble de residuos sólidos orgánicos". Tesis de grado. Maestría en Ciencias en Ingeniería Química. I. T. de Orizaba.
9. Lozano, M. V. (2005). "Estudio hidrodinámico de un reactor de lecho fluidizado inverso". Tesis de grado. Maestría en Ciencias en Ingeniería Química. I. T. de Orizaba.
10. Nicolella, C., van Loosdrecht, M. C. M. y Heijnen, J. J. (2000). Wastewater treatment with particulate biofilm reactors. *Journal of Biotechnology*. **(80)** 1-33.
11. Viillegas-Peña, O. G. y Pérez-Cortes, Y. (2004). Diseño teórico de un reactor híbrido mediante sistemas no convencionales para el tratamiento de las aguas negras. Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional.
12. Schreyer, H. B. y Coughlin, R. W. (1999). Effects of stratification in a fluidized bed bioreactor during treatment of metalworking wastewater. *Biotechnology and bioengineering*. **(2)** 129-140.
13. Sokoł, W., Ambaw, A. y Woldeyes, B. (2008). Biological wastewater treatment in the inverse fluidised bed reactor. *Chemical Engineering Journal*. **(150)** 63-68.

Biolixiviación metálica de rejillas colectoras de un panel fotovoltaico obsoleto por *Sphingomonas* y *Pseudomonas*

Manuel López Sosa¹, Rosalba Argumedo-Delira^{2,3*}, Gabriela Sánchez Viveros³, Alberto del Ángel Hernández⁴

¹Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Veracruzana, Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Xalapa Ver., México

²Unidad de Servicios de Apoyo en Resolución Analítica (SARA), Luis Castelazo Ayala s/n Xalapa, Veracruz, México.

³Posgrado en Ciencias Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Xalapa Ver., México

⁴Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Instituto Politécnico Nacional. U.P. Adolfo López Mateos. Col. Lindavista, C.P. 07300, Del. Gustavo A. Madero. México, D.F.
rosasusana13@hotmail.com*

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Al término de la vida útil de las celdas fotovoltaicas (FV), estos equipos pasan a ser residuos de tipo electrónico de acuerdo con la Directiva 2012/19/EU, además de ser una fuente secundaria de metales. Tomando en cuenta lo anterior, para recuperar metales a partir de estos residuos se han empleado procesamientos hidrometalúrgicos y pirometalúrgicos, sin embargo, presentan desventajas energéticas y ambientales. Por lo cual el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la biolixiviación de dos bacterias ante las rejillas colectoras de un panel fotovoltaico obsoleto. Encontrando que *Sphingomonas* sp. presenta mayores porcentajes de biolixiviación para Ag (0.0071%), Cu (12.4887%), Pb (1.8705%), Pd (6.1733%) y Si (0.4605%) que *Pseudomonas tolaasii*. Por lo cual los resultados obtenidos son información básica sobre el potencial que podrían tener las bacterias para biolixiviar a los metales contenidos en los residuos FV, quedando un campo de investigación en donde todavía falta mucho por hacer.

Palabras clave: Biolixiviación, bacterias, panel fotovoltaico, metales.

Abstract

At the end of the lifetime of photovoltaic (PV) cells, these apparatus become electronic waste according to Directive 2012/19 / EU, as well as a secondary source of metals. Taking into account the above to recover metals from these residues have been used hydrometallurgical and pyrometallurgical processing, however, they have energy and environmental disadvantages This research evaluated the bioleaching of two bacteria in the collecting grid. The bioleaching of Ag (0.0071%), Cu (12.4887%), Pb (1.8705%), Pd (6.1733%) and Si (0.4605%) Cu by *Sphingomonas* sp. was higher than *Pseudomonas tolaasii*. Therefore the results are basic about the potential that could have bacteria to bioleach the metals contained in waste FV, being a research field where much remains to be done.

Introducción

Los equipos fotovoltaicos (FV), tienen un tiempo de vida útil de entre 25 y 30 años dependiendo de su calidad, uso, cuidado y tecnología. El mercado está en su mayoría ocupado por tecnología del tipo Silicio monocristalino (Si-m), el cual ha venido presentado mejores eficiencias de conversión eléctrica, aunque nuevas disposiciones de esta tecnología como las multiunión comienzan a tener eficiencias similares (Green *et al.*, 2014; Roldan, 2010; McDonald y Joshua, 2010). Una celda fotovoltaica simple, se forma por capas de silicio dopado que ceden o absorben electrones después de ser golpeados por radiación solar (De francisco *et al.*, 2008). En su parte superior e inferior, poseen metales para conducir los electrones que han sido liberados, produciendo corriente eléctrica; las celdas se conectan entre sí mediante puentes metálicos y soldadura electrónica para crear de esa forma un arreglo fotovoltaico o panel solar (Singh Solanki, 2013). En México, según el balance

nacional de energía 2013 se producen 9020.21 PJ de energía primaria, donde, aproximadamente un 0.08% de la energía primaria total del país es producida por tecnologías FV. No obstante, debido a su decremento en costos, tiempo de vida largo, bajos costos de mantenimiento y que su uso no produce ruidos, ni Gases de Efecto Invernadero (GEI), la tecnología FV se vuelve más atractiva para los consumidores (Joshua, 2002; Fthenakis, 2000; McDonald y Joshua, 2010; Kotaro y Yutaka, 2012; Beltrán *et al.*, 2014).

Sin embargo, al terminar el tiempo de vida útil de estas celdas FV, dichos equipos pasan a ser residuos de tipo electrónico de acuerdo con la Directiva 2012/19/EU, además de ser una fuente secundaria de metales (Hagelüken, 2012). Tomando en cuenta lo anterior se han empleado diversos procesamientos para tratar de recuperar a los metales provenientes de los residuos electrónicos, la manera más habitual para recuperar metales a partir de estos residuos son mediante técnicas hidrometalúrgicas y pirometalúrgicas (Cui y Zhang, 2008). Dentro del procesamiento hidrometalúrgico se utiliza la lixiviación química vía ácida o alcalina, dicho proceso consiste en colocar el material de interés finamente molido en tanques con agentes lixiviantes (H_2SO_4 , NaOH, $Na_2S_2O_3$, NaCN, HNO_3 , HCl, etc.), de tal forma que se pueda aislar el metal o metales de interés en la solución, posteriormente son concentrados con procesos como: extracción por solventes, cementación, intercambio iónico, etc., además este proceso es más exacto, predecible y fácil de controlar que el proceso pirometalúrgico (Gramatyka *et al.*, 2007; Zhou *et al.*, 2011). El procesamiento pirometalúrgico emplea la incineración, fundición, sinterización y reacciones en fase gaseosa a elevadas temperaturas, produciendo emisiones de GEI (Byung-Su *et al.*, 2009). Ambos procesos presentan la desventaja de tener altos costos energéticos y un impacto ambiental negativo. Por estas razones se han buscado otras alternativas que puedan solucionar esta problemática, dentro de estas alternativas se encuentran los procesos biológicos, que incluye el uso de microorganismos para recuperar metales a partir de los residuos electrónicos. Los mecanismos microbianos involucrados en la biolixiviación de metales a partir de estos residuos son: 1) reacciones redox, 2) formación de ácidos orgánicos e inorgánicos y 3) la secreción de agentes complejantes (Bosecker, 1997; Krebs *et al.*, 1997). Algunos ejemplos sobre este tipo de procesos son la capacidad que tienen las bacterias *Thiobacillus thiooxidans* y *T. ferrooxidans* para biolixiviar y bioprecipitar Cu, Zn, Ni, Al y Pb a partir de polvo de residuos electrónicos (Brandl *et al.*, 2001). De igual forma se ha reportado que la bacteria *Chromobacterium violaceum* es capaz de solubilizar Au y Cu como dicianourato y dicianocuprato a partir de pequeños trozos de tarjetas de circuito impreso (TCl o PCB, por sus siglas en inglés), que se utilizaron para su crecimiento *in vitro* (Brandl y Faramarzi, 2006). También *Acidithiobacillus ferrooxidans* es capaz de solubilizar Cu a partir de TCl y la concentración de Cu en la solución aumentó al adicionar 7 g L^{-1} del ión Fe (Choi *et al.*, 2004). Finalmente Chi *et al.* (2011) reportan que *C. violaceum* incrementa su lixiviación de Au (7.78% a 10.8%) y Cu (4.9% a 11.4%) al incrementar el pH de 8 a 11 y de 8 a 10 respectivamente, al ser crecida en polvo de TCl de teléfonos celulares durante 8 días de incubación. Por otro lado, es importante aclarar que las investigaciones encaminadas a recuperar metales a partir de estos residuos han sido recientemente realizadas, por lo cual todavía hay mucho que hacer en esta área de estudio y principalmente en los residuos FV, de los cuales las investigaciones de biolixiviación son escasas.

Considerando lo anterior el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la biolixiviación de metales llevada a cabo por *Sphingomonas* sp. y *Pseudomonas tolaasii* (bacterias tolerantes a plata) a partir de rejillas colectoras de un panel fotovoltaico obsoleto, con lo cual se pretende generar información relevante.

Metodología

Materiales

Para los medios de cultivo se emplearon los siguientes reactivos: Agar nutritivo (BD Bioxon®), $(NH_4)_2SO_4$ (Reactivos Analíticos®), NaH_2PO_4 (Golden Bell Reactivos®), $MgCl_2$ (J.T. Baker®), $MnCl_2$ (J.T. Baker®), $CaCl_2$ (Golden Bell Reactivos®), extracto de levadura (Dibico®) y glucosa (Reactivos Química Meyer®).

Material biológico

La bacteria *Sphingomonas* sp. se aisló de suelo de los alrededores del relleno sanitario el Tronconal, Xalapa-Veracruz, México (con residuos de pilas, computadoras y placas de circuito impreso). Mientras que

Pseudomonas tolaasii se aisló de suelo de la rizosfera de papa var. Alpha del Valle de Toluca, Estado de México. Ambas bacterias mostraron tolerancia a plata (datos no mostrados).

Desmantelamiento del panel fotovoltaico obsoleto

El panel fotovoltaico se desmanteló de tal forma que se obtuvieron las obleas de silicio, posteriormente a estas obleas se les retiró manualmente las rejillas colectoras (Figura 1), luego se cortaron hasta obtener fragmentos de aproximadamente 5mm. Posteriormente 3 muestras representativas de 0.01 g de este material se sometieron a una digestión con ácido nítrico durante 1.5 h a 90 °C, la solución obtenida se filtró y se aforó a 25 mL. Las muestras disueltas se analizaron en un espectrofotómetro de emisión óptica ICP-OES (Varian ® Mod. 725-ES) para saber que metales se encontraban presentes y su contenido.

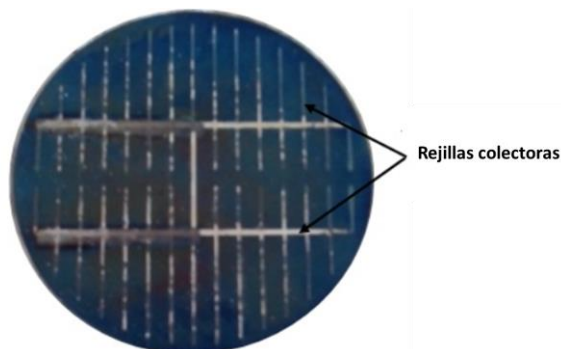


Figura 1. Oblea de silicio monocristalino de un panel fotovoltaico obsoleto, donde se muestran las rejillas colectoras.

Biolixiviación de plata

Las bacterias *Sphingomonas* sp. y *Pseudomonas tolaasii* se cultivaron en cajas Petri con agar nutritivo a 28 °C por 4 días. Transcurrido este tiempo se realizó una suspensión bacteriana con una concentración de 10^8 UFC mL⁻¹. Posteriormente a tubos de plástico con capacidad de 50 mL se les agregaron 20 mL de medio mineral (g L⁻¹): 1.5 (NH₄)₂SO₄; 0.5 NaH₂PO₄; 0.1 MgCl₂; 0.1 CaCl₂; 0.25 glucosa y 0.25 extracto de levadura; pH= 6.8. Luego se adicionaron 0.01 g del material cortado (esterilizado con varios lavados de etanol) a cada tubo. Después se le agregaron 3 mL de la suspensión bacteriana de cada microorganismo al respectivo tratamiento. Finalmente se dejaron incubar a temperatura ambiente (17 a 22 °C) sin agitación durante 15 días. Se utilizó un control abiótico (sin bacteria) y un control biótico (sin material), todos los tratamientos contaron con tres replicas. Concluido el tiempo de incubación se filtraron y se centrifugaron los tratamientos, el sobrenadante obtenido se acidificó con 1 mL de HCl concentrado, posteriormente se analizó en un espectrómetro de emisión óptica ICP (Varian ® Mod. 725-ES) para cuantificar el contenido de los metales biolixiviados.

Análisis estadístico

Para los experimentos de biolixiviación se empleó un diseño experimental completamente al azar utilizando un factorial 2x5 (2 bacterias y 5 metales). Cada tratamiento tuvo tres repeticiones. Los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza y la prueba de comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) con el programa estadístico SAS (SAS Institute, 2010).

Resultados y discusión

En las rejillas colectoras de las obleas del panel FV obsoleto se encontró Ag, Pd, Si, Cu y Pb, siendo el elemento mayoritario la plata (Tabla 1). Lo cual es consistente con la composición química de este material que se encuentra distribuido de un 4-8% en la superficie de la oblea de silicio que recibe la radiación solar (Galagan *et al.*, 2011). La presencia de otros metales en las rejillas colectoras se puede deber al desmantelamiento de

este material que se encontraba adherido o impreso a la oblea. Cabe mencionar, que los metales preciosos (Ag y Pd) encontrados en el material de estudio pertenecen a tecnologías de hace 30 años, por lo cual los paneles FVs de esa época ahora son considerados residuos (Bruton, 1995). Además, estos metales ya no se encuentran presentes en las rejillas colectoras de los sistemas FVs de silicio monocristalino, debido a su costo, siendo sustituidos actualmente por aluminio (Choi y Fthenakis, 2014)..

Tabla 1. Contenido de plata (Ag), cobre (Cu), plomo (Pb), paladio (Pd) y silicio (Si) en las rejillas colectoras del panel fotovoltaico obsoleto.

Metal	Contenido metálico (%peso/peso)
Ag	95.597 ± 1.419
Cu	0.267 ± 0.055
Pb	0.877 ± 0.174
Pd	0.047 ± 0.012
Si	3.21 ± 1.23

En lo referente a los metales biolixiviados por las dos bacterias probadas en esta investigación, se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.001$) entre los tratamientos inoculados con la bacteria *Sphingomonas* sp., la cual mostro un mayor porcentaje de biolixiviación para Ag, Pb, Pd y Si (Figura 1) con respecto a la bacteria *Pseudomonas tolaasii* (Figura 2). Sin embargo, para el caso de la biolixiviación de Cu no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos inoculados con *Sphingomonas* sp. y *Pseudomonas tolaasii*.

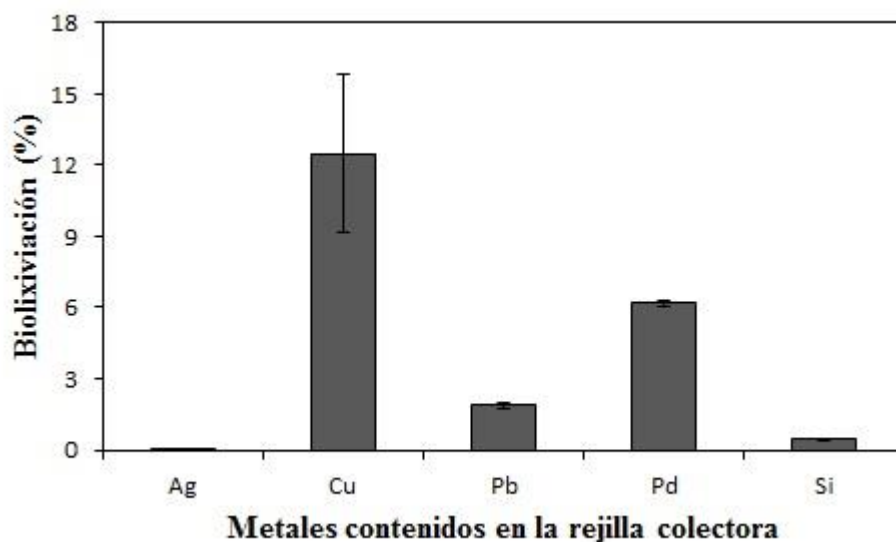


Figura 1. Biolixiviación de metales por *Sphingomonas* sp. a partir de rejillas colectoras, a temperatura ambiente (17 a 22 °C) y en 15 días de incubación (Media ± error estándar, n=3).

Las bacterias que pertenecen al género *Sphingomonas* han sido reportadas como degradadoras de hidrocarburos y colorantes, pero también se ha informado de su capacidad para tolerar metales como Cd, Cu, Pb, Zn y Ni (Tangaromsuk *et al.*, 2002; Ali *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2014). Tal es el caso de Xie *et al.* (2010) quienes informan la resistencia de *Sphingomonas* sp. DX-T3-03 a altas concentraciones de Zn (40 mM) y otros metales. Además, tienen la capacidad de incrementar la fitoextracción de metales en las plantas a las cuales están asociadas, por ejemplo *Sphingomonas* SaMR12 aumenta la extracción de Zn en *Sedum alfredii* hasta un 64% en su biomasa (Chen *et al.*, 2014). A pesar de todas estas cualidades, son escasos los reportes existentes sobre la capacidad de estas bacterias para biolixiviar metales a partir de paneles FVs obsoletos o de otro tipo

de residuo electrónico. Por lo que la presente investigación es uno de los primeros reportes de lixiviación para *Sphingomonas* sp.

Con respecto a la biolixiviación de esta bacteria en las rejillas colectoras, se encontró que tiene un mayor porcentaje de recuperación de metales que *Pseudomonas tolaasii*, lo cual puede relacionarse con lo reportado para algunas especies que pertenecen a este género, las cuales son capaces de producir metabolitos para alcalinizar o acidificar su entorno dependiendo de las condiciones en las que se encuentren (Hashidoko, 2005). Además, cuando estas bacterias se encuentran en presencia de metales son capaces de producir ácidos orgánicos, tal es el caso de *Sphingomonas puitosa* que produce ácido oxálico, ácido cítrico y ácido málico ante dosis crecientes de aluminio (Panhwar *et al.*, 2014), y como ya se ha reportado la producción de ácidos orgánicos está directamente relacionada con la biolixiviación microbiana (Krebs, 1997).

Por otro lado, en el caso de las bacterias del género *Pseudomonas* han sido ampliamente estudiadas para la degradación de hidrocarburos, colorantes, plaguicidas, etc., de igual forma se ha informado de su resistencia y tolerancia a diversos metales; además de incrementar la fitoextracción de metales en las plantas donde son inoculadas (Cycon *et al.*, 2009; Hoque y Philip, 2011; Lee y Pandey, 2012; Ma *et al.*, 2012; Shah *et al.*, 2013). En lo referente a la biolixiviación de metales a partir de residuos electrónicos, estas bacterias también han sido reportadas. Algunos ejemplos son los trabajos de Ting y Pham (2008) donde mencionan que *P. fluorescens* (29%) tiene mayor lixiviación de Au que *Chromobacterium violaceum* (20%) con una pasta de residuos electrónicos al 5% y la misma lixiviación de Cu (20%). Además Pham y Ting (2009) informan que *P. fluorescens* (2.5 mg L^{-1}) lixivía más oro que *C. violaceum* con 0.5% de pastas de residuos electrónicos. Por su parte Pradhan y Kumar (2012) reportan que la mezcla de *C. violaceum* + *P. aeruginosa* tienen la mayor lixiviación de Cu, Au, Zn, Fe y Ag (7%) a partir de una concentración del 1% de residuo electrónico, en comparación con los tratamientos inoculados solamente con *P. fluorescens* y *P. aeruginosa* que muestran una lixiviación de Au (0.3 y $0.5 \text{ mg L}^{-1} \text{ d}^{-1}$), Cu (19 y $75 \text{ mg L}^{-1} \text{ d}^{-1}$), Zn (0.05 y $0.05 \text{ mg L}^{-1} \text{ d}^{-1}$) y Fe (0.5 y $0.3 \text{ mg L}^{-1} \text{ d}^{-1}$) respectivamente. Mientras que para Ag, Brandl *et al.* (2008) reportan que *P. plecoglossicida* es capaz de crecer en residuos joyeros pulverizados y recuperar el 5% después de un día de incubación. Comparando los resultados obtenidos de Ag y Cu con los reportes ya mencionados, se tiene que *P. tolaasii* presenta una baja lixiviación de Ag (0.002%) y Cu (4%), sin embargo, hay diferencias en cuanto al material empleado, composición química, condiciones de cultivo y genotipo microbiano que están influenciando la eficiencia de biolixiviación de las rejillas colectoras.

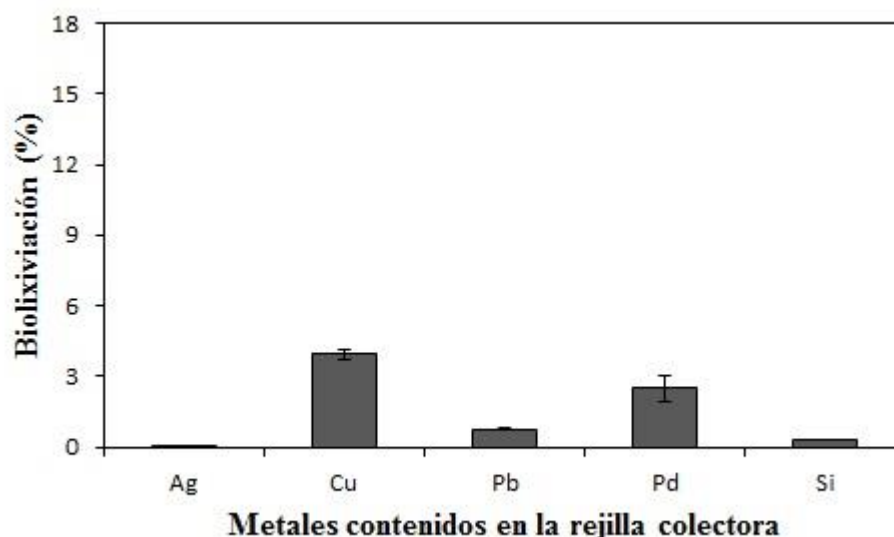


Figura 2. Biolixiviación de metales por *Pseudomonas tolaasii* a partir de rejillas colectoras, a temperatura ambiente (17 a 22 °C) y en 15 días de incubación (Media \pm error estándar, n=3).

Conclusiones

En esta investigación se mostró que la bacteria *Sphingomonas* sp. puede ser una buena candidata para ser probada bajo otras condiciones de cultivo, que puedan incrementar los porcentajes de recuperación de plata, ya que es el elemento que se encuentra en mayor proporción en las rejillas colectoras del panel fotovoltaico. Finalmente, los resultados obtenidos están aportando información básica sobre el potencial que podrían tener las bacterias para biolixiviar a los metales contenidos en los residuos de paneles fotovoltaicos, quedando un campo de investigación en donde todavía falta mucho por hacer para tener procesos con altos porcentajes de recuperación de metales.

Agradecimientos

Los autores le agradecen al CONACYT por haber financiado esta investigación (Ciencia Básica-SEP, proyecto 239601).

Referencias

1. Ali, L., Alhassani, H., Karuvantevida, N., Rauf, MA., Ashraf, SS. (2014). Efficient aerobic degradation of various azo dyes by a *Sphingomonas* sp. isolated from petroleum sludge. *J. Bioremed. Biodeg.* 5: 220.
2. Beltrán R., L., Alexandri R., R., Herrera R., J., Ojeda G., O., Rodríguez P., D. A., Melendez S., M., Martínez C., J. L. (2014). Balance Nacional de Energía. D.F: Secretaría de Energía.
3. Bosecker, K. (1997). Bioleaching: metal solubilization by microorganisms. *FEMS Microbio. Rev.*, 20, 591-604.
4. Brandl, H. (2008). Microbial leaching of metals. En H. Rehm, & G. Reed (Eds), *Biothecnology Set.* Verlagsgesellschaft Weinheim, págs. 191-224)
5. Brandl, H., Lehmann, S., Faramarzi, M.A., Martinelli, D., (2008). Biomobilization of silver, gold and platinum from solid waste materials by HCN-forming microorganisms. *Hydrometallurgy.*, 94, 14-17.
6. Byung-Su, K., Jae-Chun, L., Jin-Ki, J., (2009). Current status on the pyrometallurgical process for recovering precious and valuable metals from waste electrical and electronic equipment (WEEE) scrap. *J Korean Inst Resour Recycl*, 18:14-23.
7. Chen, B., Shen, J., Zhang, X., Pan, F., Yang, X., Feng, Y. (2014). The endophytic bacterium, *Sphingomonas* SaMR12, improves the potential for zinc phytoremediation by its host, *Sedum alfredii*. *PLoS ONE* 9(9): e106826.
8. Choi, J-K., Fthenakis, V. (2014). Crystalline silicon photovoltaic recycling planning: macro and microperspectives. *J. Clean. Prod.* 66:443-449.
9. Cui, J., & Zhang, L. (2008). Metallurgical recovery of metals from electronic waste: A review. *J Hazard Mat*, 158, 228-256.
10. Cycon, M., Wójcik, M., Piotrowska-Seget, Z. (2009). Biodegradation of the organophosphorus insecticide diazinon by *Serratia* sp. and *Pseudomonas* sp. and their use in bioremediation of contaminated soil. *Chemosphere.* 76:494-501.
11. De fracisco, A., Illanes, R., Torres, J. L., & Castillo, M. (2008). Capítulo 4. Energía Solar Fotovoltaica. In: J. M. De Juana Sadrón (Ed). *Energías Renovables para el Desarrollo.* Paraninfo, Madrid, pp. 315.
12. Fthenakis, V. M. (2000). End-of-life management and recycling of PV modules. *Energ Policy*, 28, 1051-1058.
13. Galagan, Y., Rubingh, J-EJM., Andriessen, R., Fan C-C., Blom, PWM., Veenstra, SC., Kroon, JM. (2011). ITO-free flexible organic solar cells with printed current collecting grids. *Sol Energ Mat Sol C.* 95: 1339-1343.
14. Gramatyka, P., Nowosielski, R., & Sakiewicz, P. (2007). Recycling of waste electrical and electronic equipment, *JAMME*, 20:535-538.
15. Green, M., Emery, K., Hishikawa, Y., Warta, W., & Dunlop, E. (2014). Solar cell efficiency tables (version 44). *Prog Photovolt Res Appl.* 22: 70-710.
16. Hashidoko, Y. (2005) Ecochemical studies of interrelationships between epiphytic bacteria and host plants via secondary metabolites. *Biosci Biotech Bioch.* 69:1427-1441.

17. Hoque, M. E., & Philip, O. J. (2011). Biotechnological recovery of heavy metals from secondary sources—An overview. *Mater Sci Eng C*, 31, 57-66.
18. Joshua, P. (2002). Photovoltaics- A Path to Sustainable Future. *Futures.*, 34, 663-674.
19. Kotaro, K., & Yutaka, G. (2012). The Right Place for the Right Job in Photovoltaic Life Cycle. *Environ Sci Technol*, 7415-7421.
20. Krebs, W., Brombacher, C., Bosshard, P. P., Bachofen, R., & Helmut, B. (1997). Microbial recovery of metals from solids. *FEMS Microbiol. Rev*, 20, 605-617.
21. McDonald, N. C., & Joshua, P. (2010). Producer Responsibility and Recycling Solar Photovoltaic Modules. *Energ. Policy.*, 38, 7041-7047.
22. Lee, J. C., & Pandey, B. D. (2012). Bio-processing of solid wastes and secondary resources for metal extraction – A review. *Was Manage*, 32, 3-18
23. Ma, J., Xu, L., Jia, L. (2012). Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by *Pseudomonas* sp. JM2 isolated from active sewage sludge of chemical plant. *J Environ Sci*. 24: 2141-2148.
24. Panhwar, Q.A., Naher, U.A., Jusop, S., Othman, R., Latif, M.A., Ismail, M.R. (2014). Biochemical and molecular characterization of potential phosphate-solubilizing bacteria in acid sulfate soils and their beneficial effects on rice growth. *Plos One*. 9: e97241
25. Pham V.A., Ting, Y.P. (2009). Gold bioleaching of electronic waste by cyanogenic bacteria and its enhancement with bio-oxidation. *Adv Mater Res*, 71-73:661-664.
26. Pradhan, JK., Kumar, S. (2012). Metals bioleaching from electronic waste by *Chromobacterium violaceum* and *Pseudomonad* sp. *Was Manage Res*, 30:1151-1159.
27. Roldan, J. (2010). Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid, España: Paraninfo, SA.
28. SAS Institute Inc. (2010) The SAS system for windows, ver. 9.0. SAS Institute Inc, Cary, North Carolina
29. Shah, MP., Patel, KA., Nair, SS., Darji, AM., Maharaul, S. (2013). Microbial degradation of azo dye by *Pseudomonas spp.* MPS-2 by an application of sequential microaerophilic & aerobic process. *Am J Microbiol Res*, 1:105-112.
30. Singh Solanki, C.(2013). Solar photovoltaic technology and systems: a manual for technicians, trainers and engineers. Delhi, India: PHL Learning
31. Tangaromsuk, J., Pokethitiyook, P., Kruatrachue, M., Upatham, E.S. (2002). Cadmium biosorption by *Sphingomonas paucimobilis* biomass. *Bioresource Technol.*, 85:103-105.
32. Ting YP, Tan CC and Pham VA (2008) Cyanide-generating bacteria for gold recovery from electronic scrap material. *J Biotechnol* 136: S647–S677
33. Xie, X., Fu, J., Wang, H., Liu, J. (2010). Heavy metal resistance by two bacteria strains isolated from a copper mine tailing in China. *Afr J Biotechnol*, 9: 4056-4066.
34. Zhang, Q., Wang, D., Li, M., Xiang, W-N., Achal, V. (2014). Isolation and characterization of diesel degrading bacteria, *Sphingomonas* sp. and *Acinetobacter junii* from petroleum contaminated soil. *Front. Eth. Sci.* 8: 58–63.
35. Zhou, Y., Wu, W., & Qui, K. (2011). Recycling of organic materials and solder from waste printed circuit boards by vacuum pyrolysis-centrifugation coupling technology. *Was Manage*, 31, 2569-2576.

Estudio de la fluidización de un soporte limpio y colonizado en un Reactor de Lecho Semifluidizado Inverso (RLSFI)

E. Domínguez – Hernández, N. A. Vallejo - Cantú, A. Alvarado-Lassman, J.M. Méndez - Contreras

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Tecnológico No. 852, Col. E. Zapata, 94320 Orizaba, Ver., México. Lassman@prodigy.net.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

En el presente trabajo se realizaron pruebas hidrodinámicas en un Reactor de Lecho Semifluidizado Inverso (RLSFI) usando como medio de soporte Extendsphere™ limpio y colonizado. Se determinó la expansión del lecho dentro del reactor a diferentes velocidades y con diferentes configuraciones de placas de semifluidizado. Para lograr el régimen semifluidizado dentro del RLSFI, se diseñaron 3 placas de diferente tamaño de apertura (1 mm, 2.5 mm y 6 mm) y una de 1 mm en rejilla rectangular. La placa de 1 mm logró mantener el régimen semifluidizado pero se observó que se obstruye completamente cuando se utiliza soporte colonizado. La placa de 6 mm mostro un buen desempeño en las pruebas con soporte colonizado logrando el régimen semifluidizado hasta con una velocidad de 0.056 cm/s. A su vez se evaluó el efecto del biogás en la expansión del soporte encontrando que el biogás por sí mismo es capaz de fluidizar el soporte hasta en un 60%.

Palabras clave: Fluidización, Semifluidización, Reactor de Lecho Fluidizado Inverso

Abstract

Hydrodynamic tests were performed on an Inverse Semifluidized Bed Reactor (ISFBR) using clean and colonized Extendsphere™. Bed expansion in the reactor was determined at different velocities and semifluidized plates. To achieve semifluidized regime within RLSFI, three circular plates with holes (1 mm, 2.5 mm and 6 mm) and 1 mm in rectangular grid were designed. The plate of 1 mm. managed to keep the regime but this is completely obstructed when colonized support is used within the ISFBR causing blockages 6 mm plate performed well in tests with colonized support keep the semifluidized regimen until velocity to 0.056 cm/s. In turn, the effect of the expansion of biogas was evaluated finding that only the biogas can fluidized the support until 60%.

Introducción

El termino fluidización es usualmente asociado con un sistema de dos o tres fases, en el cual las partículas sólidas son fluidizadas por una corriente de un líquido o gas fluyendo en sentido contrario a la gravedad. En el caso de los sistemas clásicos de fluidización, las partículas sólidas tienen una mayor densidad que la del fluido, en la fluidización inversa la densidad específica del líquido es mayor que la densidad específica de la partícula y el lecho es expandido hacia abajo en dirección del fluido. (García - Calderón *et al.*, 1998)

Un lecho semifluidizado se forma restringiendo la expansión de un lecho fluidizado por medio de una malla o placa perforada (Chern *et al.*, 1981). De esta manera en una parte del lecho, se forma un lecho fijo con la partículas cuya expansión está siendo restringida y en la otra se tiene un lecho fluidizado con las partículas que si pueden expandirse. Es decir, que un lecho semifluidizado tradicional está compuesto de un lecho fijo y un lecho fluidizado (Leyva *et al.*, 1993). En un lecho semifluidizado se combinan las ventajas y desventajas de ambos sistemas y tiene bastantes aplicaciones potenciales.

El lecho semifluidizado se ha utilizado como una combinación de dos tipos de reactores ya que las partículas de la sección fluidizada se comportan como en un reactor de tanque agitado y las de la sección empacada como en un reactor tubular flujo tapón.

La manera de retener a los microorganismos dentro del reactor consiste en inmovilizarlos sobre las partículas de un material más pesado que el líquido y después mantenerlos en suspensión utilizando el propio líquido. La suspensión se consigue cuando el arrastre friccional ejercido por el fluido es equivalente a la gravedad. El principio de la fluidización consiste en poner en suspensión un material granular por un flujo líquido, este material se comporta en reposo como un medio poroso. En la fluidización clásica, el soporte se pone en suspensión cuando la fuerza de gravedad de la partícula sólida es compensada por la fuerza debida al flujo del líquido. En la fluidización inversa esta fuerza y la fuerza de gravedad deben compensar la fuerza de Arquímedes. Cuando está suspendida la capa de partículas tiene un comportamiento cercano al de un fluido, porque la capa posee la misma densidad y viscosidad que el fluido pero guarda las propiedades de un sólido dividido. (Levin y Gealt, 1997)

El proceso natural de acumulación de biomasa puede provocar importantes cambios en los lechos fluidizados inversos, el crecimiento de biopelícula en la superficie de las partículas modifica sus características incrementando su diámetro y modificando su densidad específica, lo que resulta en una expansión mayor a la misma velocidad de fluidización, este fenómeno debe ser considerado para poder controlar la expansión del lecho en la procesos de digestión anaerobia. La densidad de la biopelícula depende mucho del tipo de soporte y de la velocidad de fluidización. Una de las características importantes de los lechos fluidizados en procesos biológicos es que el tamaño de las partículas no es uniforme debido a las diferencias en el tamaño de la biopelículas. Eso implica a menudo un fenómeno de estratificación, es decir la selección axial del tamaño de las partículas. En el caso de la fluidización inversa las partículas más colonizadas al tener una densidad mayor tienden a decantarse y a situarse en la parte inferior del lecho.

Los reactores de lecho fluidizado han probado ser una buena alternativa para poder tratar efluentes a través de la digestión anaerobia. Diversos estudios se han dirigido a estudiar su variante, los reactores de lecho fluidizado inverso (RLFI) y su implementación para tratar diferentes sustratos como las aguas provenientes de la industria cervecera Alvarado-Lassman *et al.*, (2008), los residuos de la industria vinícola García – Calderón *et al.*, (1998), aguas sintética Sowmeyan y Swaminathan (2008), residuos de la industria del destilado de vino Buffiere *et al.*, (2000), los cuales demostraron que estos tipos de reactores son una buena opción en el tratamiento de residuos orgánicos.

El objetivo de este trabajo fue determinar la expansión del soporte limpio y colonizado usando diferentes placas de semifluidizado a diferentes velocidades de flujo. A su vez se evaluó el efecto del biogás en la expansión del soporte colonizado.

Metodología

Materiales

El RLSFI se construyó a partir de un tubo de acrílico de 97 cm de altura y 7 cm de diámetro, el espacio total del RLSFI disponible para la fluidización fue de 80 cm como se observa en la Figura 1. Las mangueras con las que se conecta todo el sistema del reactor son mangueras neumáticas de ¼ de pulgada marca Parker al igual que las válvulas. Las tapas tanto superior como inferior del RLSFI son de Nylamid con 3 perforaciones en donde atraviesan espárragos de metal. Para la operación del reactor se utilizaron 2 bombas peristálticas de velocidad variable (Masterflex Cole-Parmer™), una para la alimentación del influente y otra para la recirculación. Como difusores de flujo se utilizaron 100 tubos de polietileno corrugado de 3 cm de largo y 5 mm de diámetro, situados en la parte superior del reactor, colocados sobre una placa difusora de flujo.

El material de soporte utilizado fue Extendospere™ el cual presenta características que se observan en la Tabla 1. El soporte colonizado, se obtuvo de un Reactor Anaerobio de Lecho Fluidizado ubicado en la Planta Piloto del Instituto Tecnológico de Orizaba.

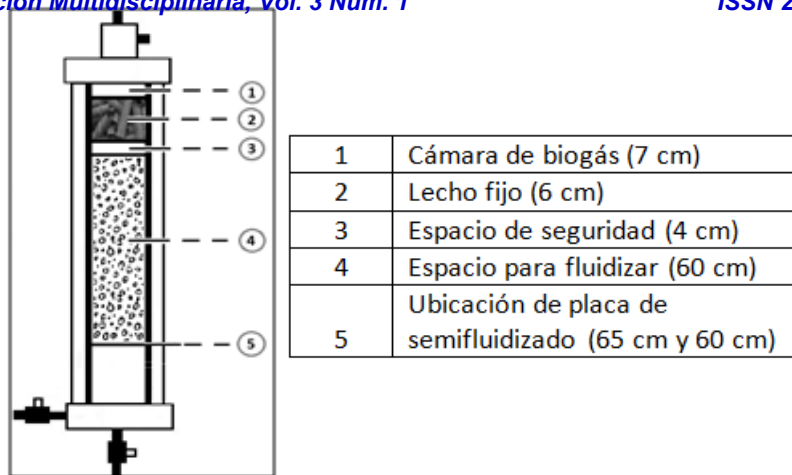


Figura 1. Diseño interno del RLSFI

Tabla 1. Propiedades físicas del Extendsphere (Alvarado-Lassman et al., 2008)

Forma	Esférica
Densidad (g/cm ³)	0.7
Diámetro promedio (µm)	169
Tamaño de partícula promedio (µm)	100 – 400
Área superficial (m ² /g)	0.0355

Las distintas placas que se probaron para lograr el régimen semifluidizado se construyeron de plástico, los anillos de sujeción se fabricaron de acrílico, todo lo anterior se fabricó en una impresora 3-D PLA. Se diseñaron 3 placas de diferente tamaño de apertura circular (1 mm, 2.5 mm y 6 mm) y una de 1 mm en rejilla rectangular. En la Figura 2 se pueden observar las distintas placas.

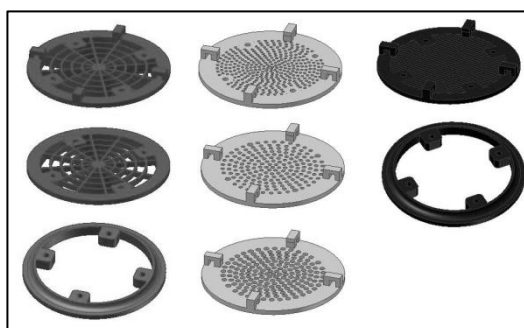


Figura 2. Diseño de las distintas placas que se utilizaron para lograr el régimen semifluidizado

Determinación de colonización de soporte

La determinación de colonización se llevó a cabo por métodos gravimétricos, se pesó un volumen conocido Extendsphere™ colonizado y se introdujo en la estufa a 100° C por 24 h, posteriormente a mufla a 550° C durante 2 h. A través de la diferencia de peso se determinó la cantidad de gramos de biomasa por mL de soporte (g MVA/mL).

Determinación de expansión con soporte limpio

Se hizo pasar agua a través de 770 cm³ (24% inicial del lecho) de Extendsphere ubicado dentro del RSLFI, a diferentes velocidades desde 0.01 cm/s hasta 0.087 cm/s, después de 20 min. Se observó el porcentaje de expansión alcanzado. La placa de semifluidizado se situó a 60 cm (75% de expansión de lecho) tal como se observa en la Figura 1.

Determinación de expansión con soporte colonizado

Se hizo pasar agua a través de 1000 cm³ (35% inicial del lecho) de Extendosphere ubicado dentro del RLSFI, a diferentes velocidades desde 0.01 cm/s hasta 0.087 cm/s, después de 20 min. Se observó el porcentaje de expansión alcanzado. La placa de semifluidizado se situó a 65 cm (81% de expansión de lecho) esto con el fin de utilizar todo el volumen útil posible. Para esta prueba se utilizó la placa de semifluidizado de 6 mm.

Determinación de expansión con soporte colonizado en presencia de biogás

Para la producción de biogás se alimentó un sustrato líquido de frutas y verduras a una CVa de 6 gDQO/L d con una producción de biogás de 8 L/d al momento de realizar la prueba.

La expansión de se determinó como ε a través de la siguiente formula:

$$\epsilon = \frac{H}{H_0}$$

Donde ε es el porcentaje de expansión adimensional, H la expansión en cm del soporte y H₀ la expansión total del soporte en cm.

Resultados y discusión

Expansión con soporte limpio

Al realizar la expansión del soporte limpio sin placa de semifluidizado, se observó que a una velocidad de 0.07 cm/s de líquido, el soporte alcanza una expansión cercana al 90 % con lo que al momento de operar el RLSFI podría representar la salida del soporte del reactor afectando drásticamente el rendimiento del RLSFI. Al momento de incorporar las diferentes placas de semifluidizado a una altura de 60 cm (75% de expansión) se observa que estas, reducen la expansión hasta en un 20% con la misma velocidad, como se observa en la Figura 3. Tanto la placa de rejilla de 1 mm así como la de orificio de 2.5 mm a pesar de disminuir la expansión no logran retener el soporte por debajo del 75% ya que al seguir aumentando la velocidad, el soporte sigue en expansión.

La placa de 1 mm retuvo el soporte por debajo del 75% aun cuando la velocidad del líquido aumento hasta 0.087 cm/s. Esto sin sufrir taponamientos dentro del RLSFI ya que en cuanto el flujo se ve obstruido el funcionamiento del mismo se vería detenido. Cabe destacar que el soporte limpio y el colonizado exhiben una gran diferencia en el tamaño de partícula por lo que los resultados varían al usar soporte con diferentes grados de colonizado.

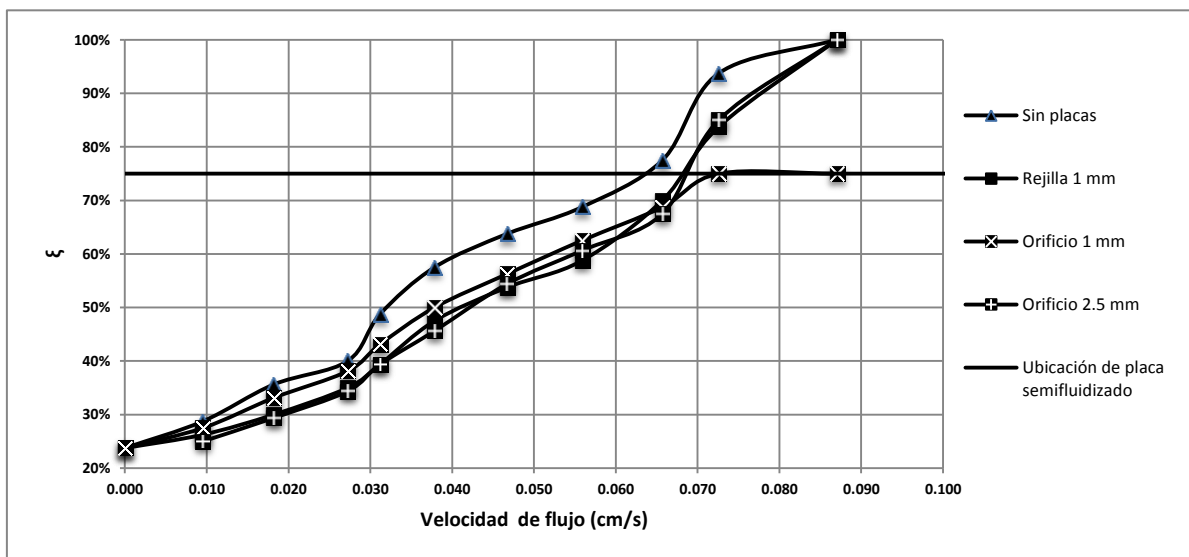


Figura 3. Expansión con soporte limpio con diferentes placas de semifluidizado

Expansión de soporte colonizado

Al iniciar la prueba de expansión de soporte colonizado se determinó la colonización del soporte la cual fue de 0.023 g biomasa/mL de soporte. Primeramente se utilizó la placa de orificio de 1 mm ya que esta arrojó buenos resultados con soporte limpio. Después de un día de operación se obstruyó completamente la placa debido al tamaño de partícula del soporte colonizado y la biomasa desprendida por situaciones inherentes al proceso, por lo que su uso se descartó y se utilizó la placa de semifluidizado de 6 mm. Los resultados de la prueba de expansión se observan en la Figura 4.

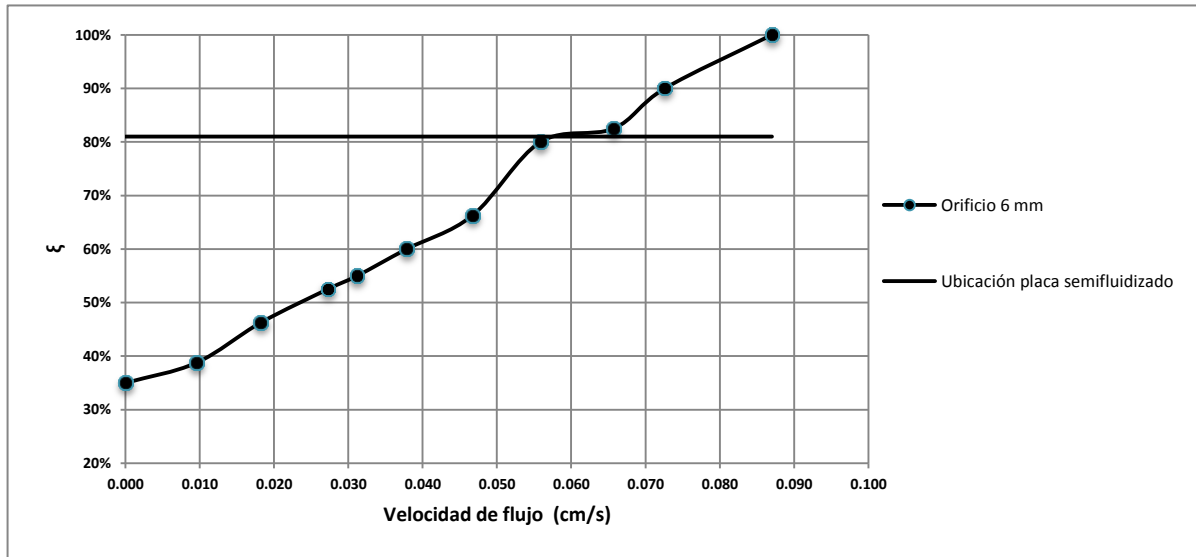


Figura 4. Expansión con soporte colonizado con placa de semifluidizado de 6 mm.

EL RLSFI se operó durante 1 mes y no se observó ninguna obstrucción dentro de la placa, a pesar de no detener completamente el soporte colonizado, si disminuye marcadamente la expansión cuando la velocidad de flujo es cercana a 0.055 cm/s lo cual detiene el proceso no deseado de salida del soporte del reactor.

Efecto del biogás en la expansión del soporte colonizado

Se realizaron las pruebas de expansión con presencia de biogás y sin ella, los resultados se observan en la Figura 5:

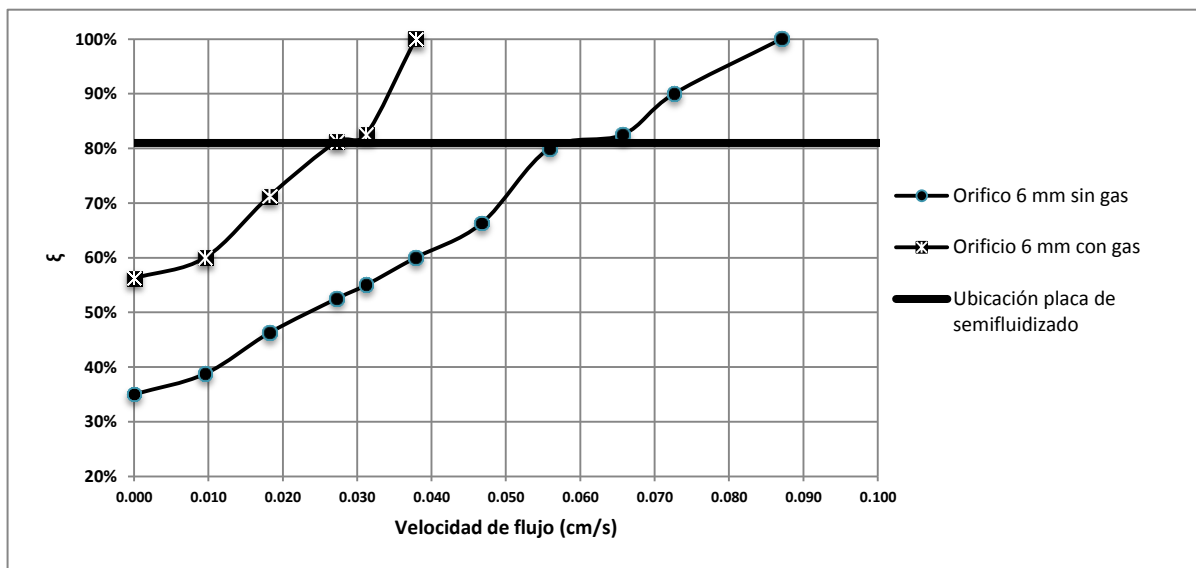


Figura 5. Expansión con soporte colonizado y biogás con placa de semifluidizado de 6 mm.

Como se observa en la Figura 5 el biogás por sí mismo es capaz de fluidizar el soporte colonizado hasta en un 58 % sin necesidad de operar la bomba de recirculación, lo cual constituye un gran ahorro energético, a su vez se logra alcanzar una fluidización del 100 % con una velocidad de flujo de 0.04 cm/s a diferencia de la prueba sin biogás que necesitó una velocidad de flujo de casi 0.09 cm/s

Trabajo a futuro

Se debe continuar monitoreando el RLSFI a medida que el soporte aumenta su colonización así como la cantidad de biogás producido se incrementa, a su vez es conveniente realizar más pruebas de expansión. También es deseable poder monitorear el flujo de gas a través de instrumentación más precisa de esta manera se podrá correlacionar el flujo de biogás con la expansión del soporte. Se presume llegara el momento en el que no será necesario operar la bomba de recirculación y aun así obtener porcentajes de expansión del 80%. El comportamiento de la placa se debe analizar junto con el desempeño del RLSFI para cerciorarse de que esta no se obstruya con la operación continua durante más tiempo.

Conclusiones

La semifluidización es un fenómeno que ha sido poco estudiado en los procesos biológicos, se han llevado a cabo estudios orientados hacia la modelación y descripción fenomenológica pero no a la aplicación en reactores biológicos. Los Reactores de Lecho Fluidizado (RLF) ofrecen grandes ventajas en el tratamiento de aguas residuales pero estos exigen un control estricto de la expansión del soporte, ya que existe el riesgo de que este abandone el reactor perdiendo material bacteriano y disminuyendo su eficiencia. Instalar placas de semifluidizado puede ayudar a detener el soporte dentro del reactor aun cuando el flujo se eleve. El soporte a medida que aumenta su colonización bacteriana cambia su tamaño y densidad cambiando sus características hidrodinámicas lo que vuelve un proceso dinámico y cambiante la fluidización en los RLF. Se debe analizar bien el tamaño y tipo de apertura en la placa ya que si este es demasiado pequeño se taponeara con soporte y biomasa tal como sucedió con las placas de 1 mm y 2.5 mm y si es demasiado grande no retendrá efectivamente el soporte. La placa implementada de orificio circular de 6 mm es una buena opción, ya que aun cuando no retiene completamente el soporte, si es capaz de detenerlo y ralentizar la salida del soporte por el reactor, esto sin sufrir obstrucciones que afecten al RLSFI.

El costo energético de la operación en este tipo de reactores recae en las bombas de alimentación y recirculación, pero a medida que aumenta la producción de biogás es posible ahorrar el gasto energético de la bomba de recirculación, fluidizándolo únicamente con este fenómeno. Con una producción de 8 L de biogás diario, se logró mantener fluidizado al soporte colonizado hasta en un 58 % sin necesitar recirculación.

Referencias

- Alvarado-Lassman, A., Sandoval-Ramos, A., Flores-Altamirano, M. G., Vallejo-Cantú, N. A., and Méndez-Contreras, J. M. (2010). *Strategies for the startup of methanogenic inverse fluidized-bed reactors using colonized particles*. *Water Environment Research*, **82**(5): 387-391
- Buffière, P., Bergeon, J. P., and Moletta, R. (2000). *The inverse turbulent bed: a novel bioreactor for anaerobic treatment*. *Water Research*, **34**(2): 673-677.
- Chern, S. H., Muroyama, K., and Fan, L. S. (1983). *Hydrodynamics of constrained inverse fluidization and semifluidization in a gas-liquid-solid system*. *Chemical Engineering Science*, **38**(8), 1167-1174.
- García - Calderón, D., Buffiere, P., Moletta, R., and Elmaleh, S. (1998). *Anaerobic digestion of wine distillery wastewater in down-flow fluidized bed*. *Water Research*, **32**(12): 3593-3600.

Levin, M. A., and Gealt, M. A. (1997). *Biotratamiento de residuos tóxicos y peligrosos: selección, estimación, modificación de microorganismos y aplicaciones*. McGraw-Hill.

Leyva R, Soriano P, Serrato V. 1993. *Hidrodinámica de un lecho semifluidizado líquido – sólido*. Tecnología, Ciencia y educación. **9**: 23-31.

Sowmeyan, R., and Swaminathan, G. (2008). *Evaluation of inverse anaerobic fluidized bed reactor for treating high strength organic wastewater*. Bioresource technology, **99**(9): 3877-3880.

Zhang, H., Zhu, J. X., and Bergougnou, M. A. (1999). Hydrodynamics in downflow fluidized beds (1): solids concentration profiles and pressure gradient distributions. *Chemical Engineering Science*, 54(22): 5461-5470.

Recuperación del aluminio y polietileno del envase multicapas mediante una mezcla de solventes orgánicos

I.P. Cortes Sánchez, A.E. Márquez Ortega*, G. Pérez González y P. Montes Utrera
Cuerpo Académico Biotecnología e Ingeniería de Procesos, Tecnológico de Estudios Superiores de
Chimalhuacán, Calle Primavera S/N, Santa María Nativitas, Chimalhuacán, C.P. 56330, Estado de México,
México

*aemo1977@hotmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

A partir de la década de los 90's, el reciclado de los envases multicapas comenzó a tener auge; por tal motivo, se han implementado normas en diversas naciones acerca del cuidado del medio ambiente, el reciclado y reutilización de diferentes residuos generados en las ciudades, como es el caso del tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU); estas técnicas se enfocan a la separación de los diferentes componentes presentes en los RSU, como los envases multicapas, los cuales están compuestos por cartón, aluminio y polietileno. En la actualidad, existen métodos para la separación del polietileno de estos envases, la desventaja de estos son los altos costos y el bajo rendimiento en la recuperación de componentes; por lo que el presente trabajo, propone un procedimiento para la recuperación del polietileno y aluminio para la reutilización en la industria, mediante solventes orgánicos a ciertas temperaturas. Finalmente, los productos son obtenidos con alta integridad, un alto rendimiento y bajo costo de producción.

Palabras clave: Envase multicapas, recuperación, láminas de aluminio-polietileno,

Abstract

From the decade of the 90's, the recycling of multilayer containers have started booming; Therefore, standards have been implemented in several countries care about the environment, recycling and reuse of waste generated in different cities, such as treatment of Municipal Solid Waste (MSW); these techniques are focused on the separation of the different components present in the MSW, such as multilayer containers, which are composed of cardboard, aluminum and polyethylene. Currently, there are methods for separating the polyethylene of these containers, the downside of these are the high costs and poor performance in the recovery of components; so this paper proposes a process for recovering polyethylene and aluminum for reuse in the industry by organic solvents at certain temperatures. Finally, the products are obtained with high integrity, high performance and low cost of production.

Introducción

En la actualidad uno de los grandes problemas que enfrentan las ciudades es la contaminación de suelos, la cual consiste en la introducción de elementos extraño al sistema (suelo) que genera efectos nocivos para los seres vivos que existen en este, además de ser susceptible a transmitirse en otros suelos [Martínez Sanchez, y col., 2005].

Dentro de los principales elementos nocivos para el suelo se encuentran los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), que son residuos generados en las casas habitación por las actividades domésticas diarias, por los productos que se consumen (envases, embalajes o empaques) o bien por cualquier actividad en los establecimientos y vía pública que produzca residuos con características domiciliarias [Instituto Nacional de Ecología [INECOL], 1999]. Por lo anterior, los envases multicapas son considerados RSU, debido a se encuentran presentes en diversos empaques utilizados principalmente por la industria de los alimentos [Aguilar-Virgen, y col., 2010] y siendo que en el 2010, se generaron 12,500 toneladas de este desecho en México D.F. de las cuales solo el 13% fue reciclado [Arista, 2011].

Los envases multicapas presentan una composición de fibras de celulosa (cartón) del 74.0%, polietileno de 20.5% y aluminio del 5.1% y un pequeño porcentaje de tinta (0.4%), como se muestra en la Figura 1 [Inche-Mitma, et al., 2004]. El cartón dentro del envase le proporciona la resistencia mecánica a este; mientras que el polietileno le da protección al producto del medio externo, además le confiere el sellado térmico y por último, el aluminio protege el contenido de la luz, el oxígeno y mantiene en buen estado todas las vitaminas y nutrientes del alimento por largo tiempo [Román, 2011].

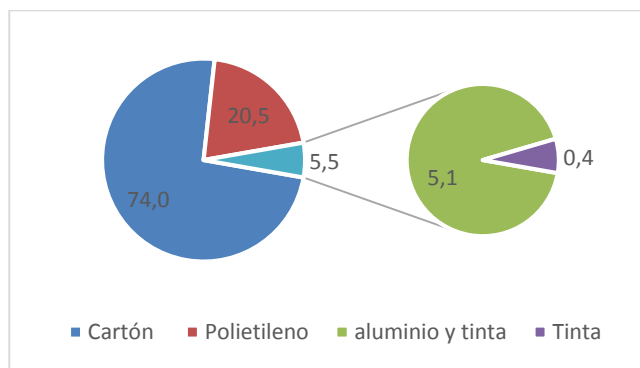


Figura 1. Porcentaje de composición del envase multicapas.

Debido a lo anterior, en diversos países se han dado a la tarea de reciclar este tipo de envase, ya que son reciclable. En lugares como Europa y Sudamérica son utilizados los hydrapulpers, equipos que presentan una separación de las fibras de celulosa por suspensión en agua mediante un efecto mecánico, sin utilizar algún reactivo químico. Al final de la descarga del equipo se encuentran placas perforadas en las que es retenido el aluminio-polietileno. Una vez recuperados estos materiales (aluminio-polietileno) son tratados por pirolisis (tratamiento del aluminio-polietileno para recuperación del aluminio y conversión del polietileno en energía), fabricación de aglomerados (elaboración de aglomerados parecido a la madera, pero con menor calidad y rentabilidad) o bien son recuperados del proceso para triturarlos, lavarlos y secarlos para su comercialización en la industria de los plásticos para la fabricación de diversas piezas o utensilios [Hidalgo-Salazar, et al., 2013].

En México se recuperan las fibras de celulosa del envase multicapas, mediante un proceso mecánico; este consiste en un túnel por el cual pasa la materia prima (envase multicapas) donde se lava, tritura y se separa con un efluente de agua y sosa a 80°C. Al final del túnel se obtiene el aluminio-polietileno, además de residuos de fibras de celulosa en un efluente, los cuales son retirados mediante el tratamiento de las aguas del proceso. Por otra parte, el aluminio es recuperado y separado mediante la pirolisis para su reutilización o mediante la formación de aglomerados similares a la madera para la fabricación de diversas piezas, utensilios o láminas [Zenil-Rodríguez, 2011].

Por lo anterior, el presente trabajo propone una alternativa para la separación del aluminio y el polietileno del envase multicapas sin tomar en cuenta el proceso típico de reutilización de estos materiales, como la pirolisis, aglomerados o la utilización de solventes para su disociación. Esta alternativa contribuye a la reducción de los costos del proceso, a la reutilización de los materiales en alguna aplicación dentro de la industria de la metalurgia, polímeros, plásticos y recubrimientos debido a los altos rendimiento de recuperación de los componentes del envase (aluminio y polietileno) y la alta calidad de pureza de estos al recuperarlos.

Metodología

Separación de las fibras de celulosa de las láminas (Aluminio y polietileno) del envase multicapas

En primer instancia, se utilizaron envases multicapas, los cuales fueron lavados, secados y cortados en cuadros con un área de 2.25 cm². Una vez realizado este paso, se colocaron en un mezclador de paleta con movimiento rotacional y traslacional 10g de envase y agua en una proporción 1:33, respectivamente. Posteriormente, se realizó la separación durante dos horas a temperatura ambiente hasta el desprendimiento de las fibras en un 100%. Una vez terminado el proceso, se seleccionaron las láminas formadas por el aluminio y polietileno para finalmente, ser recolectadas y así realizar, el método para la eliminación del polietileno de las láminas de aluminio-polietileno.

Separación de los materiales de las láminas de aluminio-polietileno

Este procedimiento consistió en colocar en un vaso de precipitados un gramo de láminas de aluminio-polietileno y la mezcla solventes orgánicos (MSO) en una proporción 1:50, respectivamente, el cual se realizó por triplicado. Después esta mezcla fue sometida diferentes temperaturas (120, 140 y 160°C) durante una hora. Luego, cada 15 minutos se tomaron muestras, las cuales consistieron en recolectar el polietileno separado de las láminas de aluminio-polietileno y una vez recolectadas, se lavaron para eliminar el exceso de la MSO, se dejaron secar y se pesaron, para así cuantificar la cantidad de polietileno separado.

Resultados y discusión

Determinación del porcentaje de separación de las fibras de celulosa del envase multicapas

En la siguiente figura, se muestra el cuadro de envase multicapas utilizado para la experimentación, el cual fue tratado con agua y agitación mecánica como ya se mencionó.



Figura 2. Muestra del envase multicapas con las dimensiones requeridas para el tratamiento de separación

Las fibras de celulosa fueron recuperadas casi por completo a las dos horas de haber comenzado el tratamiento mecánico en las condiciones mencionadas en la metodología. Al final del método las láminas de aluminio-polietileno no presentaron residuo alguno de fibras de celulosa como se muestra en la figura 3:

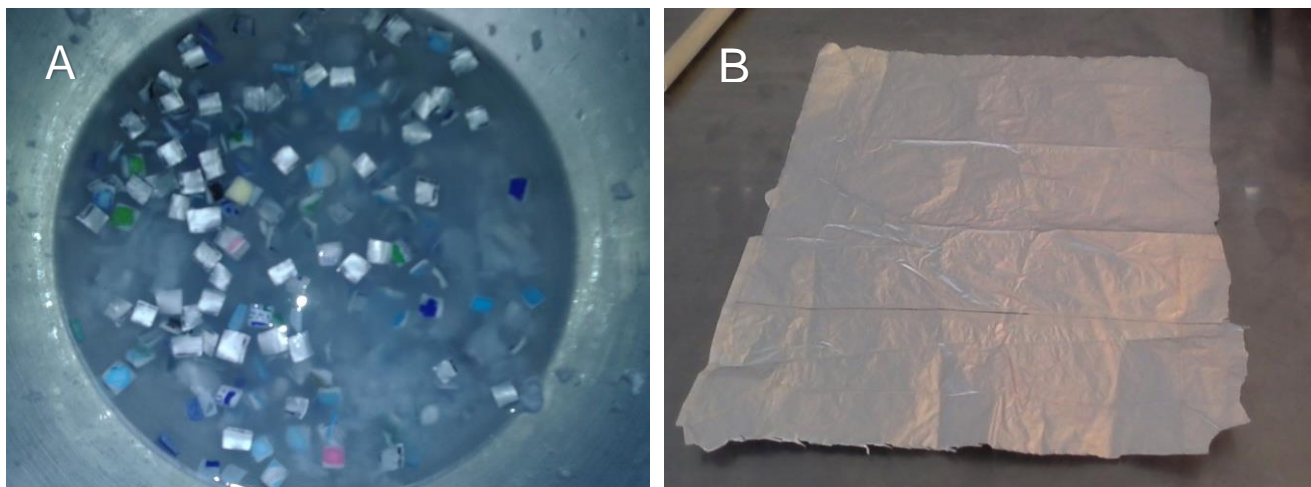


Figura 3. A. Proceso mecánico por el cual se realizó la separación de la fibra de celulosa y la lámina de aluminio-polietileno y B. lamina de aluminio-polietileno libre de fibras de celulosa.

Determinación del porcentaje de recuperación de polietileno

De acuerdo a la figura 2, se muestra que la separación del polietileno del aluminio es similar a 120 y 160°C, mientras a 140°C existe una diferencia, debido a que a esta temperatura el polímero fue recuperado al final con un mayor porcentaje a comparación de las otras temperaturas. Con lo anterior se pudo mencionar que la temperatura donde existió una recuperación en menos tiempo fue a 120°C. Por otra parte, el porcentaje de aluminio recuperado fue de 49% al final de cada uno de los tratamientos a temperaturas distintas.

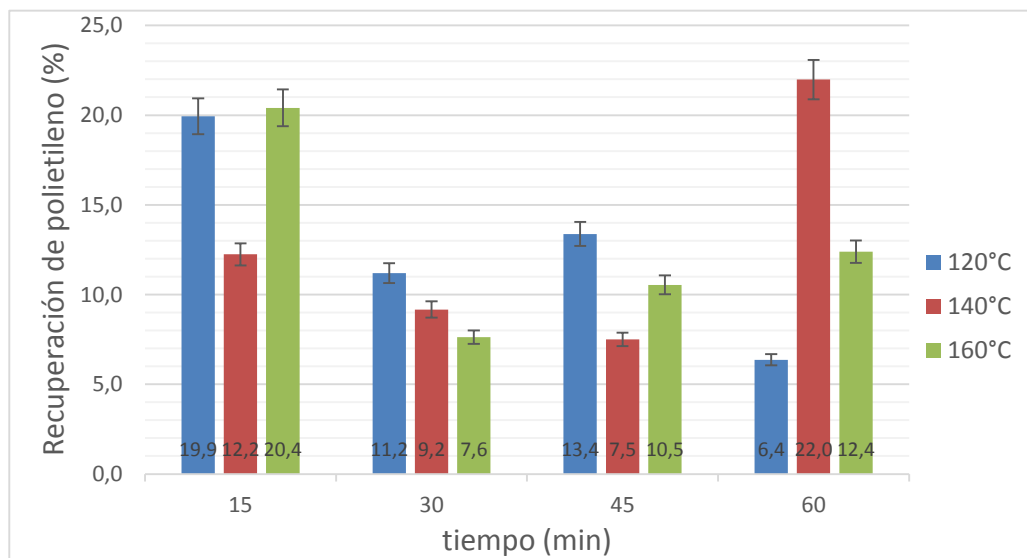


Figura 1. Porcentajes de recuperación del polietileno a las diferentes temperaturas de tratamiento.

Además en la figura 3, se puede observar que la recuperación de los componentes es prácticamente al con una lata pureza y sin modificar la estructura de los materiales, los cuales puede ser fundidos o pelletizados para poder utilizarlos en diversas aplicaciones industriales.

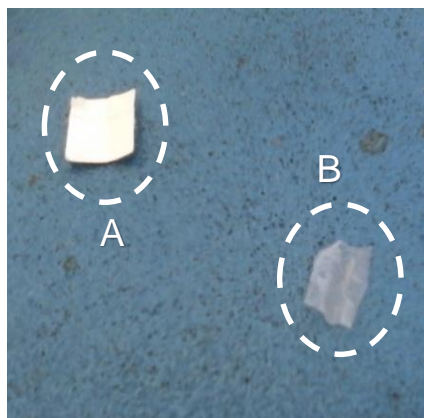


Figura 2. Recuperación de los materiales de las láminas aluminio-polietileno del envase multicapas mediante el método MSO, donde: A. Aluminio aislado, B. Polietileno retirado.

Trabajo a futuro

El siguiente trabajo a realizar es hacer pruebas del material obtenido para darle una aplicación en la industria una vez recuperado cada uno de los componentes del envase multicapas. Estas aplicaciones pueden ser diversas como en la industria del papel, plásticos, polímeros, metalurgia, etc.

Conclusiones

Se muestra que la recuperación de los materiales del envase multicapas cumplieron con los parámetros propuestos al inicio del presente trabajo, ya que su grado de separación fue alto y con la pureza adecuada para ser reutilizados o reciclados por diversas empresas en diferentes áreas de la industria. Además cabe mencionar que algunas tecnologías para la separación de las láminas de aluminio-polietileno no hacen una recuperación total de los materiales si no que es de forma parcial a un costo económico alto, mientras que la metodología propuesta en el presente trabajo es de bajo costo económico y energético.

Referencias

1. Aguilar-Virgen, Q., Armijo-de Vega, C., Taboada-González, P. & Aguilar, X. M., 2010. Potencial de recuperación de residuos sólidos domésticos dispuestos en un relleno sanitario. *Revista de Ingeniería*, Issue 32, pp. 16-27.
2. Arista, L., 2011. Recicla tu basura en sitios especializados. *El Universal*, 28 Enero.
3. Hidalgo-Salazar, M. A., Luiz-Nevez, F. & Baena, E., 2013. Posibilidades de fabricación con el polietileno y aluminio obtenido del reciclaje de envases multicapas. *Informador técnico*, 2(77), pp. 100-109.
4. Inche-Mitma, J. y otros, 2004. Diseño y evaluación de una planta de reciclaje de envases de Tetra Pak a pequeña escala. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 7(2), pp. 7-17.
5. Instituto Nacional de Ecología [INECOL], 1999. *Minimización y Manejo Ambiental de los residuos sólidos*. México: Secretaría de medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Instituto Nacional de Ecología, Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas.
6. Martínez Sanchez, M. J. y otros, 2005. *Desertificación: Monitorización mediante indicadores de degradación química*. Murcia: Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente.
7. Román, A., 2011. *Experiencias en el reciclado-Tetrapak*. México D.F., XIX Congreso Internacional Ambiental CONIECO.
8. Zenil-Rodríguez, A., 2011. *Tesis: Potencial de reciclaje de envases multicapas de las estaciones de transferencia Coyoacán y Xochimilco del Distrito Federal*. México, D.F.: Instituto de Ingeniería UNAM.

INVESTIGACION EDUCATIVA

- | | | |
|----|--|-----|
| 1 | <p>Evaluación de inteligencias múltiples del área de Ingenierías del ITBoca del Río, Veracruz-México.
<i>Virginia Alcántara Méndez.</i></p> | 777 |
| 2 | <p>Análisis de antivalores en bachillerato particular de Orizaba. Como medida preventiva del fracaso universitario
<i>Norma Ponce Escobar, Elizabeth Bustos Romero y Grindelia Rodríguez González.</i></p> | 785 |
| 3 | <p>La capacidad de liderazgo en estudiantes de ingeniería industrial del Instituto Tecnológico de Reynosa.
<i>Gerardo Juárez Román, Josefina Altamirano Herrera, Román Alberto Zamarripa Franco, Gerardo Luévano Rodríguez</i></p> | 792 |
| 4 | <p>Análisis del uso de herramientas didácticas basadas en competencias para las materias de programación.
<i>Patricia Quitl González, Miguel Ángel Herrera Hernández, Concepción Nava Arteaga, Rossana Graciela Trejo Pacheco y Cesar Roberto Vásquez Trujillo.</i></p> | 800 |
| 5 | <p>Análisis del impacto formativo mediante el desarrollo de proyectos aplicados en la materia Seis Sigma
<i>Laura Martínez Hernández, David Meza Rojo y Aurora Del Pilar Fuentes García.</i></p> | 808 |
| 6 | <p>Desarrollo de software educativo como recurso didáctico de aprendizaje de la lógica matemática.
<i>Elvia Osorio Barradas, Elda Rosario Ruíz, Laura Leticia Mendoza Cruz, Miguel Ángel Bonilla Barojas y Alejandro Rodríguez Larracilla</i></p> | 816 |
| 7 | <p>Análisis de la efectividad de estrategias de aprendizaje en un programa por competencias de enseñanza superior
<i>Patricia Guadalupe Sánchez Iturbe, Pedro Tomás Ortiz Y Ojeda y Pedro Alfonso Ortiz S.</i></p> | 822 |
| 8 | <p>Habilidades Directivas en planteles de CONALEP del D.F.
<i>Valentina Barajas Rodríguez, Maricarmen Barroso Avalos, Ricardo Olivo Alemán, Corina Martínez Vázquez, Patricia González Reyes</i></p> | 829 |
| 9 | <p>Educación ambiental y Norma ISO: 14001-2004 en el ITBoca del Río, Veracruz-México.
<i>Virginia Alcántara Méndez.</i></p> | 837 |
| 10 | <p>Evaluación del desempeño docente en el Posgrado de la Universidad del Valle de Orizaba
<i>María Guadalupe Balderrábano Saucedo, Imelda Becerra Román y Claudia Villagrán Fuentes.</i></p> | 843 |
| 11 | <p>El impacto de las tecnologías de la información y comunicaciones en el quehacer docente
<i>Hugo Sánchez Baca, María Del Consuelo Macías González y Josué Carreño Camacho.</i></p> | 851 |

- 12 **Transposiciones sucesivas: Del contexto ingenieril al aula de matemáticas** 858
María Del Consuelo Macías González y Avenilde Romo Vázquez.
- 13 **Sitios Web como Herramienta Educativa. Caso: Facultad de Ciencias y Técnicas de la Comunicación, Universidad Veracruzana** 863
Ricardo Peri Alarcón, Odilia Domínguez Ramírez, Juan Soto Del Ángel, Adriana Durán Mendoza y María De Jesús Rojas Espinosa.
- 14 **Diagnóstico de los modelos administrativos actuales aplicados en empresas de la región de Orizaba Veracruz** 869
María Elena Zepahua Neri, Leticia Bretón Partida, Felipe Machorro Rodríguez, Víctor Castellanos González y José Luis Bolaños Reynoso
- 15 **La enseñanza de la ciencia en los Institutos Tecnológicos de Veracruz: una perspectiva cualitativa** 876
Manuel Villarruel Fuentes, Fernando Pérez Santiago, Rómulo Chávez Morales y Nahúm David Fernández Hernández.
- 16 **Desarrollo de software educativo para la unidad iv de relaciones en las matemáticas discretas.** 883
Elvia Osorio Barradas, Gabriela Teresa Muñoz Fuentes, Julia María Muñoz Lara, Rogelio Bautista Sánchez y Luis Alberto Luciano Morales.
- 17 **Diseño de un Sistema Integral de Información para una Universidad Privada en el DF** 889
Ivette Esperanza Corzas García, Karla Torres Ramírez y Ángel Jarquín López.
- 18 **Herramienta para evaluación de competencias en Fundamentos de Programación Orientada a Objetos.** 895
Arturo Alejandro Domínguez Martínez y Yolanda Mexicano Reyes.
- 19 **Propuesta para la realización de prácticas de software para la ingeniería acreditada de sistemas computacionales.** 903
Laura Carreón Romero Y María Eugenia Carreón Romero.
- 20 **Programa Educativo para la Prevención, Atención y Detección de la Violencia contra las Mujeres – ITQuerétaro.** 911
María Guadalupe Infante Robles, María Luisa Montes Almanza, Ma. Elena Montes Almanza, Ma. Del Carmen Perusquía Ortiz y María Citlali Ruíz Porras,
- 21 **Competencias profesionales en la estadía profesional del Técnico Superior Universitario** 918
Dalila Mireya Mendoza Muciño y Susana Rivera Martínez
- 22 **Acreditación y competencias: una revisión en la aplicación de la carrera de Sistemas Computacionales.** 926
María Eugenia Carreón Romero, Laura Carreón Romero y Miguel Montiel Martínez.

- 23 **Importancia de la Triada (maestros, padres de familia y tutores) en el incremento del rendimiento académico en los estudiantes de primer semestre de Ingeniería en Sistemas Computacionales del ITO.** 934
Gabriela Teresa Muñoz Fuentes, Julia María Muñoz Lara, Víctor R. Castillo Intriago y Laura Leticia Mendoza Cruz.
- 24 **El desarrollo de competencias del estudiante en el servicio social comunitario.** 940
Aurora del Pilar Fuentes García, Laura Martínez Hernández y David Meza Rojo.
- 25 **Gestión de Tutoría: Sistema alineado al Programa Institucional de Tutoría del Tecnológico Nacional de México.** 946
José Luis Gutiérrez García y Ariadna Cabrera Ramírez.
- 26 **Tutorías: un programa de fortalecimiento para alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales.** 953
MC. Maricela Sánchez López, Dra. Olga Lidia Vidal Vázquez y Ing. Blanca Alicia Reyes Luna.
- 27 **Impacto en el aprendizaje de los alumnos de Bachillerato utilizando técnicas colaborativas.** 961
David Meza Rojo, Laura Martínez Hernández y Aurora Del Pilar Fuentes García.
- 28 **Liderazgo participativo y sistema de gestión de la calidad 9001 2008 en el Cobaev, Fortín.** 969
José Alberto Castellanos Martínez y Liliana Pérez Trujano
- 29 **Aprendizaje Basado en Proyectos Colaborativos, una experiencia extra-aula universitarias de FCBA, Peñuela, Ver.** 976
María Antonieta Rosío Juárez Juárez, Marali Anaid García Castillo y María Del Rosario Dávila Lezama.
- 30 **Estrategias de enseñanza basadas en dispositivos móviles para los estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales** 983
Karla Torres Ramírez y Hanniel Méndez Jiménez.

Evaluación de inteligencias múltiples del área de Ingenierías del ITBoca del Río, Veracruz-México.

V. Alcántara Méndez^{1*}

¹Departamento de Ciencias del Mar, Instituto Tecnológico de Boca del Río, Km. 12 Carr. Veracruz-Córdoba 94290 Boca del Río, Veracruz, México.

*dravirginiaalcantara@yahoo.com.mx

Área de participación: Investigación educativa

Resumen

Participaron 125 estudiantes área de Ciencias de la Tierra, Metal-Mecánica y Ciencias Económico Administrativas, fueron evaluadas las inteligencias múltiples y su desarrollo, con los temas ética profesional, desarrollo humano, sustentabilidad, cuidado del ambiente y resolución de problemas con toma de decisiones. Las evidencias incluyeron planos, mapas conceptuales, cuentacuentos, debate, resolución de problemas y dilemas morales. Las inteligencias: lingüística, lógico-matemática, viso-espacial, kinestésico-corporal, musical y naturalista. Se realizaron rúbricas y protocolos de observación análisis factorial y correlacional. Los resultados fueron contundentes con índices de aprovechamiento para i-civil 92%, i-gestión-empresarial 90% e i-mecánica 85%; valores entrada, apropiación y empoderamiento para evaluación diagnóstica, formativa y sumativa 15%, 75% y 92% respectivamente. Correlación inteligencias-múltiples y estilos-aprendizaje con resultados I-gestión 30% corporal-kinestésica, I-mecánica 45% lógico-matemático, I-civil 40% viso-espacial. Se concluye que la aplicación del programa PIIM permitió innovadoras formas de planear con flexibilidad, inteligencias y estilos, de trabajo colaborativo que desarrollaron capacidades con diversidad y desarrollo integral.

Palabras clave: Competencias, Inteligencias múltiples, Evaluación.

Abstract

125 students participated area of Earth sciences, mechanics and economic-administrative sciences, were evaluated multiple intelligences and its development, with issues professional ethics, human development, sustainability, care of the environment and solving problems with decision making. The evidence included maps, mind maps, storytelling, debate, problem solving and moral dilemmas. Intelligences: linguistic, logical-mathematical, viso-spatial, body-kinesthetic, musical and naturalistic. They were rubrics and observation protocols factor analysis and correlation. The results were strong with utilization rates for I-civil 92%, I-gestion-business 90% and 85% I-mechanic; values input, ownership and empowerment for diagnostic, formative assessment and summative 15%, 75% and 92% respectively. Intelligences-multiple correlation and styles-apprenticeship with results I-gestion 30% kinesthetic, I-mechanics 45% logical-mathematical, I-civil 40% viso-spatial. It was concluded that the implementation of the programme PIIM allowed innovative forms of planning with flexibility, intelligences and styles, collaborative work that developed capabilities with diversity and integral development.

Keywords: Skills, Multiple intelligences, Evaluation.

Introducción

El proceso evolutivo de la inteligencia a lo largo del siglo XX es extenso, tres grandes perspectivas marcan la importancia de la inteligencia a medida que avanza el tiempo, las perspectivas genética, factorial y cognitiva.

La perspectiva genética

Concibe a la inteligencia como resultado de una compleja organización de estructuras neuronales-cerebrales que han evolucionado en un largo proceso cósmico, físico-químico, biológico, psicosomático, social, cultural e histórico (Riart y Soler, 2004)

Desde esta perspectiva los actos inteligentes son producidos por conexiones y descargas eléctricas de determinados sistemas neuronales. Investigadores como Kurzweil (1999) sugieren que la inteligencia está relacionada con los sistemas informáticos que estarán integrados como los sistemas neuronales en el humano.

La perspectiva factorial

Se interpreta a la inteligencia como una multiplicidad de aptitudes distribuidas en niveles, que conforman factores o capacidades, habilidades, que pueden formar bloques o bien una generalidad; por lo tanto la inteligencia es constituida por una diversidad de situaciones y teorías plurifactoriales para realizar la tarea según la tarea a resolver. Spearman en 1927, diseñó el procedimiento de análisis factorial, su teoría bifactorial de la inteligencia y las teorías explicativas de la cognición.

En la actualidad la perspectiva factorial cobra fuerza junto con una base neurológica ya que presenta a la inteligencia como una creciente compilación e interrelación de factores u operaciones mentales simples.

La perspectiva cognitiva

En esta perspectiva se considera la forma en que se procesa la información y se trata de analizar los procesos cognitivos aplicados en la resolución de tareas en las que se aplica la conducta inteligente. Se entiende a la inteligencia como un proceso estructurado de componentes.

Desde la teoría de las Inteligencias Múltiples (IM) de Gardner considera que la inteligencia es un potencial biopsicológico, con un estrato neuronal determinado, que con la carga innata y el aprendizaje en un contexto determinado, se modula en tipos de inteligencias.

Actualmente en el siglo XXI, estas tres perspectivas <genética, factorial y cognitiva> prevalecen y se suman los a ella los hallazgos de la neurociencia, aportando con una diversidad de matices.

Curriculum cognitivo

El curriculum cognitivo está conformado por dominios (disciplinas) que están ligados a las inteligencias. Si definimos el concepto de inteligencia desde Gardner, se dice que es la capacidad para resolver problemas y dar soluciones adecuadas al contexto y pueden ser culturales, bio-sociales o educativas. El dominio o disciplina está conformado por un conjunto de conocimientos conceptuales, procedimentales o actitudinales. Ambos, dominio e inteligencia son utilizados para enriquecer el proceso de enseñanza y aprendizaje visualizado desde la construcción del curriculum cognitivo. (Prieto et al, 2007).

Como señala Gardner (2001), la inteligencia como constructo a definir y como capacidad a medir deja de ser propiedad exclusiva de los psicólogos e invita a otras disciplinas como la biología, química, física, matemática que contribuyen en la actualidad a su definición y aplicación. Consideran cinco grandes aspectos:

- g.1 capacidad para establecer relaciones empáticas.
- g.2 la conciencia del paso del tiempo (pasado-futuro).
- g.3 la conciencia de uno mismo, de sus emociones y la introspección.
- g.4 la capacidad para la resolución de problemas, la toma de decisiones y la reflexión.
- g.5 la capacidad de control del comportamiento y las emociones.

Planteamiento del problema

Con base en lo anterior, en el 2014 fue diseñado el programa de monitoreo para la evaluación de inteligencias múltiples y desarrollo de sus competencias para las áreas de ingenierías en ciencias de la tierra, metal-mecánica y económico-administrativas que incluyó a los alumnos del primer semestre de las carreras de ingeniería civil, gestión empresarial y mecánica.

La necesidad de ir más allá del curriculum y del aula y de que los docentes del IT Boca del Río pudieran utilizar diversas actividades, técnicas y estrategias de la teoría de Gardner para el desarrollo competencias

relacionadas con las ocho inteligencias; fue propuesto un Programa de Monitoreo PIIM para organizar “el aula” y “las actividades”; ya que a través de este enfoque se favorecen las relaciones inter e intra-personales de los aprendices, el uso de técnicas para la resolución de problemas, el aprendizaje de reglas y normas y; el aprendizaje cooperativo. Su finalidad fue ofrecer un abanico más amplio para identificar sus capacidades desarrolladas a través de fomentar las IM y los estilos de aprendizaje en los alumnos, con el apoyo de estrategias didácticas con las cuales los docentes pudieran identificar los puntos fuertes en sus alumnos y sus formas preferidas de aprender. Con este programa se pretende lograr aprendizaje significativo; competencias para resolver problemas, crear productos y tomar decisiones, mantener el aprovechamiento académico y disminuir la deserción.

La pregunta general a responder fue:

¿Cuál es la efectividad para la evaluación de las inteligencias múltiples en el área de Ciencias de la Tierra, Metal-Mecánica y Económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz, México?

Preguntas específicas:

¿Cuáles son los niveles de entrada, en la evaluación diagnóstica? ¿Cuáles son los niveles de apropiación, en la evaluación de seguimiento? ¿Cuáles son los niveles de empoderamiento, en la evaluación sumativa? ¿Cuáles son las maneras de aprender de los estudiantes? ¿Cuáles son los estilos de aprendizaje en los grupos participantes? ¿Cuáles fueron los índices de aprovechamiento durante el periodo de la investigación? ¿Cuál es la correlación entre las inteligencias y el aprovechamiento académico de los estudiantes?

Objetivo General

Evaluar la eficiencia y desarrollo de las inteligencias múltiples en el área de Ciencias de la Tierra, Metal-Mecánica y Económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz, México?

Objetivos Específicos

- Determinar cuáles son los niveles de entrada, apropiación y empoderamiento para evaluación diagnóstica y desarrollo de inteligencias en el área de Ciencias de la Tierra, Metal-Mecánica y Económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Boca del Río.
- Determinar cuáles son las maneras de aprender (desarrollo de las inteligencias) y los estilos de aprendizaje de los estudiantes del área de Ciencias de la Tierra, Metal-Mecánica y Económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Boca del Río.
- Determinar los índices de aprovechamiento durante la aplicación del PIIM para los estudiantes del área de Ciencias de la Tierra, Metal-Mecánica y Económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Boca del Río.
- Determinar cuál es la co-relación entre las inteligencias y el aprovechamiento académico de los estudiantes del área de Ciencias de la Tierra, Metal-Mecánica y Económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Boca del Río.

Justificación

La investigación es pionera e innovadora por centrar su objetivo en la teoría de las inteligencias múltiples de Gardner y está fundamentada en el Proyecto Spectrum trabajado por Gardner, Feldman y Krechevsky (2002); en el cual los investigadores se han dedicado al desarrollo de un enfoque alternativo e innovador del currículum y la evaluación de las etapas infantil y primaria de las IM. También se abordaron cinco perspectivas propuestas por Gardner, estas son: narrativa, análisis lógico, experiencia manual, expresión artística, exploración, análisis filosófico, participación y experiencias inter e intra personales.

En lo particular la presente investigación propone un marco de trabajo donde se favorece el aprendizaje significativo; el cual se basa en el análisis de las características, necesidades e intereses de los estudiantes e intenta adecuar y/o fomentar la enseñanza al estilo de aprendizaje y fomentar el desarrollo de las IM de los alumnos. Un punto fuerte en la investigación y en la teoría, es que permite conocer la estructura cognitiva descubriendo los puntos fuertes y los puntos débiles en cada alumno-participante. Por lo cual al utilizar proyectos de trabajo, es posible favorecer el aprendizaje por descubrimiento, las estrategias para la resolución de problemas, la creatividad e innovación y realizar análisis para la toma de decisiones. Y brindar una perspectiva integral hacia el quehacer educativo basado en competencias.

Desarrollo del proyecto

Evaluación es una de las áreas en las que la aplicación de la teoría de las inteligencias múltiples IM, ha generado más cambios en cuanto a *¿qué?, ¿cómo?, y ¿cuándo evaluar?* Ya que considera un enfoque más amplio, dinámico y contextualizado al contemplar los distintos perfiles de inteligencia y diferentes estilos de aprendizaje en la forma de trabajo de los alumnos y de la propuesta de aprendizaje con estrategias y métodos más completos. Para ello fueron consideradas algunas actividades del proyecto Spectrum en la teoría de las IM, y el protocolo de observación de los estilos de aprendizaje de Gardner y colaboradores; con adaptaciones hechas por Prieto, Ferrándiz (2002) y Ballester (2004) y el mismo proyecto, el cual fue adecuado a las carreras estudiadas.

Fases de proceso

La investigación se dividió en cuatro fases para evaluar la eficiencia y desarrollo de las inteligencias múltiples en el área de Ciencias de la Tierra, Metal-Mecánica y Económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz, México.

Fase 1.- Sujetos de investigación y Actividades.

Participaron 125 estudiantes del primer semestre de las tres carreras que conforman el área de Ciencias de la Tierra, Metal-Mecánica y Económico-Administrativas, trabajaron en el PMIM cinco temas en común: ética profesional, desarrollo humano, sustentabilidad, cuidado del ambiente y resolución de problemas con toma de decisiones. Con cinco perspectivas propuestas por Gardner: narrativa, análisis lógico, experiencia manual, expresión artística, exploración, análisis filosófico, participación y experiencias inter e intra personales.

Las actividades fueron evaluadas con evidencias desarrolladas en los temas de sustentabilidad, sostenibilidad y cuidado del ambiente, resolución de problemas con cálculos matemáticos y la resolución de dilemas morales; uso de software y elaboración de maquetas a escala; actividades de cuentacuentos y debate; actividades de canto y manejo de instrumentos musicales. Todo se integró en un Portafolio de evidencias junto con sus rubricas de evaluación.

Fase 2.- Inteligencias y Estilos. En los cinco temas a trabajar, fueron evaluadas las siguientes inteligencias: lingüística, lógico-matemática, viso-espacial, kinestésico-corporal, musical y naturalista. También fue aplicado el test Honey-Alonso para los estilos de aprendizaje. El mismo fue aplicado en el centro de información donde los resultados son individuales e inmediatos. La logística consistió en recabar los resultados para separarlos por estilo de aprendizaje y por carrera.

Fase 3.- Aprovechamiento académico y su relación con las inteligencias y estilos de aprendizaje.

El aprovechamiento académico operó de la siguiente forma en escala de 0 – 79 no aprobado y de 80 -100 aprobado; para su evaluación cada evidencia fue valorada con rúbrica la cual indicó los criterios y los niveles de desempeño con un puntaje asignado. También fue realizada una co-relación grafica entre grupos, entre estilos y entre inteligencias. La correlación fue utilizada en cada grupo y carrera participante para determinar la relación entre los niveles de aprendizaje (entrada, apropiación y empoderamiento), las inteligencias múltiples predominantes, sus estilos de aprendizaje y el nivel de aprovechamiento académico obtenido.

Fase 4.- Recolección y Tratamiento de los Datos

Para la valoración de inteligencias, para cada actividad se realizaron rúbricas y protocolos de observación con escala Likert del 1 al 4 en donde aparecen las habilidades de cada una de las inteligencias las cuales fueron: 1= nunca, 2 = algunas veces, 3 = casi siempre y 4 = siempre.

El Test- Honey-Alonso fue aplicado a todos los estudiantes al inicio y final del PIIM en el centro de cómputo y los resultados fueron emitidos automáticamente Junio 2014 y Junio 2015. Los datos fueron colectados semanalmente de los portafolios de evidencia de los alumnos participantes

El tratamiento estadístico se realizó a través test antes y después y validados con el método T-Student al 95% de confiabilidad, la información determinó el porcentaje de los niveles de entrada, apropiación y empoderamiento en la evaluación diagnóstica, de seguimiento y sumativa en el desarrollo de las inteligencias y sus estilos de aprender. Para la validez del constructo se realizó un análisis factorial exploratoria y correlacional con los factores obtenidos de las diferentes inteligencias. Este procedimiento permitió la valoración de la correspondencia de semejanza entre las características del concepto planteado y los datos obtenidos sobre dicho concepto a través de sus indicadores.

Finalmente el aprovechamiento académico también fue comparado gráficamente y relacionado en cada grupo y entre los grupos, junto con la variedad de inteligencias múltiples estudiadas y los estilos de aprendizaje encontrados.

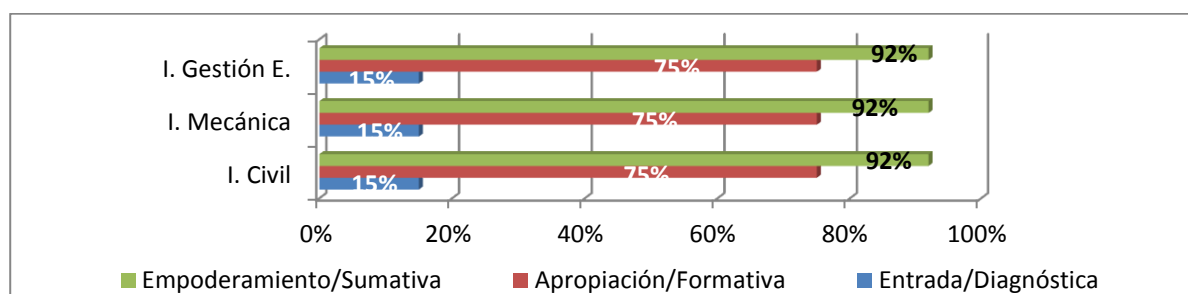
Resultados y Discusión

Para evaluar la eficiencia y desarrollo de las inteligencias múltiples en el área de Ciencias de la Tierra, Metal-Mecánica y Económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz, México fue necesario aplicar estadística con los métodos factorial y correlacional para comprobar la validez estructural del modelo teórico de la evaluación de las inteligencias múltiples. Primeramente los datos fueron sometidos a un análisis factorial exploratorio, utilizando el método de extracción de componentes principales y para la rotación del método Varimax. Posteriormente el método factorial permitió verificar la correlación de las variables que mostraron una correlación entre sí y con otras combinaciones lineales que aparentemente no se encuentran relacionadas.

El método de rotación ortogonal de Varimax permitió minimizar el número de variables con saturaciones altas de un factor para obtener una solución real e interpretable. La varianza total de los siete factores con un valor máximo de 23.121% y acumulado de 97.773% de la variabilidad total, lo que indicó un alto porcentaje en las medidas recogidas. El resultado indicó una alta validez para el tratamiento de los datos y de la validez en la investigación.

De acuerdo con los objetivos para determinar cuáles son los niveles de entrada, apropiación y empoderamiento para evaluación diagnóstica y desarrollo de inteligencias en el área de Ciencias de la Tierra, Metal-Mecánica y Económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Boca del Río. En la gráfica 1 se muestran los niveles de entrada, apropiación y empoderamiento en los procesos de evaluación diagnóstica, formativa y sumativa para las tres carreras evaluadas. Los valores fueron de 15%, 75% y 92% respectivamente. Los resultados son contundentes y significativos la correlación hacia las actividades desarrolladas en los estilos preferentes de aprendizaje y las inteligencias múltiples. Al relacionar los resultados de los niveles de entrada los valores demostraron que los alumnos iniciaron con un 15/100 en el proceso diagnóstico, lo que indicó que al inicio de cada curso la estrategia resultó ser la primera vez que se aplicó. 75% para el nivel de apropiación y del 92% para el nivel de empoderamiento. Los estudiantes y los maestros co-evaluaron y aplicaron las rúbricas en cada proceso y tomaron nota en su libreta personal. Con ello se reforzaron las interrelaciones entre inteligencias, la preferencia de estilo y ambas fueron relacionadas con las competencias sistémicas, competencias procedimentales y competencias actitudinales del programa PIIM en cada carrera participante.

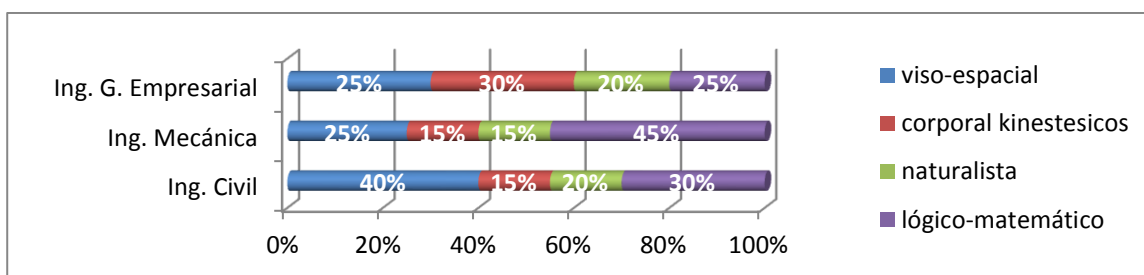
La identificación jerárquica de los estilos al inicio y al final de la aplicación del PIIM, caracterizaron el área de ciencias metal-mecánica, ciencias de la tierra y ciencias económico-administrativa por lo que se realizó una gráfica del comportamiento en el proceso de evaluación vs carreras. Las actividades desarrolladas fueron: narrativa, análisis lógico, experiencia manual, expresión artística, exploración, análisis filosófico, participación y experiencias inter e intra personales fueron desarrolladas en los temas de sustentabilidad, sostenibilidad y cuidado del ambiente, resolución de problemas con cálculos matemáticos y la resolución de dilemas morales; uso de software y elaboración de maquetas a escala; actividades de cuentacuentos y debate; actividades de canto y manejo de instrumentos musicales.



Gráfica 1. Niveles de entrada, apropiación y empoderamiento y su relación con los procesos de evaluación de las IM

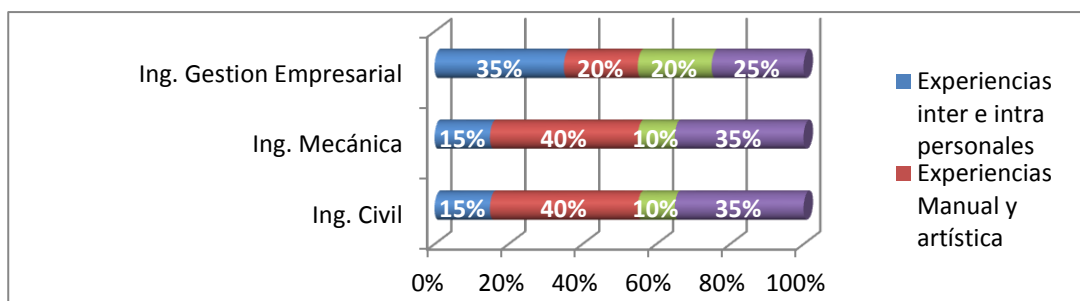
Para determinar cuáles son las maneras de aprender (desarrollo de las inteligencias) y los estilos de aprendizaje de los estudiantes del área de Ciencias de la Tierra, Metal-Mecánica y Económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Boca del Río. La identificación jerárquica de las Inteligencias Múltiples y Estilos de aprendizaje al inicio y al final de la aplicación del programa PIIM, se caracterizaron en cada carrera participante, con los resultados obtenidos se realizó una gráfica del comportamiento en el proceso de evaluación vs carreras. Las perspectivas sugeridas por Gardner: narrativa, análisis lógico, experiencia manual, expresión artística, exploración, análisis filosófico, participación y experiencias inter e intra personales fueron desarrolladas en los temas: ética profesional, desarrollo humano, sustentabilidad, cuidado del ambiente y resolución de problemas con toma de decisiones. Los resultados se presentan en las Gráficas 2 y 3, con los valores del porcentaje al inicio y final del PIIM. Lo relevante es que al final del programa PIIM, se logró fomentar las IM y los estilos para lograr un equilibrio entre los mismos.

La gráfica 2, presentó los siguientes valores para Ingeniería en gestión empresarial, 25% en viso-espacial, 30% en corporal kinestésica, 20% naturalista y 25% lógico-matemático. Para Ingeniería mecánica 25% en viso-espacial, 15% en corporal-kinestésicos, 15% en naturalista y 45% en lógico-matemático. Para Ingeniería civil, 40% en viso-espacial, 15% en kinestésico-corporal, 20% en naturalista y 30% lógico-matemático. Lo anterior demuestra las actividades que realizan a lo largo de su formación en el semestre a cursar, por ejemplo los ingenieros en gestión empresarial, un factor importante es la comunicación para realizar negocios; en el caso de los ingenieros civiles, la visión integral de los conjuntos en la construcción y el dibujo arquitectónico, y para los mecánicos los cálculos matemáticos son importantes para la mecatrónica y manejo de equipo muy sensible y de alta precisión.



Gráfica 2. Índices de preferencia de IM y estilo por carrera al inicio del PIIM

En la gráfica 3, los valores para inteligencias múltiples y estilos de aprendizaje por carrera fueron: Ingeniería en gestión empresarial con 35% para experiencias inter e intra personales, y con 20% en análisis filosófico que representa la facultad de comunicación y diálogo para la gestión y un análisis en la toma de decisiones; e Ingeniería mecánica con 15% en experiencias inter e intra personales por la concentración que requieren para su trabajo casi siempre individual, y con 35% en análisis lógico y filosófico que representa un alto porcentaje en el análisis para el cálculo y manejo de maquinaria de precisión; finalmente y para Ingeniería civil 40% en experiencias manuales y artísticas por el manejo de software especializado y elaboración de planos y maquetas en tercera dimensión y 35% para análisis lógico y filosófico para la realización de cálculos matemáticos.

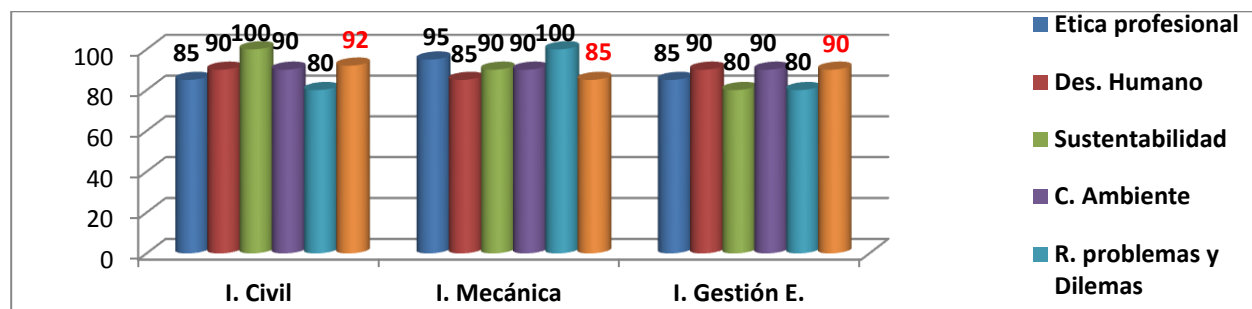


Gráfica 3. Índices de preferencia de IM y estilo por carrera al final del PIIM

Para determinar cuál es la correlación entre las inteligencias múltiples y el aprovechamiento académico de los estudiantes del área de Ciencias de la Tierra, Metal-Mecánica y Económico-Administrativas del Instituto Tecnológico de Boca del Río los resultados fueron los siguientes, se analizó la correlación de los temas ética profesional, desarrollo humano, sustentabilidad, cuidado del ambiente, y resolución de problemas con toma de decisiones. Las actividades fueron evaluadas con evidencias siguientes: elaboración de planos y maquetas; mapas mentales y mapas conceptuales; investigaciones cortas en campo y laboratorio didáctico; presentaciones musicales (canto y tocar un instrumento musical); cuentacuentos y debate; resolución de problemas con cálculos matemáticos y dilemas morales todo relacionado con las calificaciones obtenidas es decir su aprovechamiento académico.

Los resultados del aprovechamiento académico obtenido de cada actividad del PIIM y la barra final indicando el promedio se muestran en la gráfica 4. Los resultados fueron contundentes con índices de aprovechamiento que se clasifican entre muy bueno hasta sobresaliente, los valores son los siguientes: para ingeniería civil 92%, para ingeniería mecánica 85% y para ingeniería en gestión empresarial 90%

La motivación permanente fue otro de los puntos fuertes en la investigación, ya que ésta les brindó a los profesores/ras desarrollar las actividades de emprendimiento al logro de intereses que permitieron equilibrar lo académico y la realidad en la que están inmersos; con la oportunidad de integrar a cada proceso diagnóstico, formativo y sumativo con la posibilidad de ser analizados y conocer la preferencia para aprender de los estudiantes, lo anterior favoreció el empoderamiento de los conocimientos y la apropiación de la experiencia con logros en sus posibilidades de las IM y favorecer el desarrollo personal. Con ello los estudiantes se permitieran aprender con éxito. Es relevante mencionar que hubo 0% de deserción y 0% de reprobación durante el ciclo escolar en que duró la investigación. Lo cual determinó aprendizajes significativos, colaborativos.



Gráfica 3. Co-relación de los promedios del aprovechamiento académico vs actividades y carreras en el PIIM

Trabajo a futuro

El proyecto, continua implementándose como Programa para Inteligencias Múltiples de Gardner y pretende visualizar la evaluación de los alumnos de nuevo ingreso agosto 2015 y comparar los resultados con los obtenidos en el ciclo 2014 para las carreras participantes.

Conclusiones

La validez del constructo es importante para la evaluación de la eficiencia del proceso metodológico en la investigación. La aplicación del análisis factorial exploratorio, utilizando el método de extracción de componentes principales y para la rotación del método Varimax, permitió verificar la correlación de las variables entre sí y con otras combinaciones lineales. El valor total de varianza en la validez del constructo fue del 96%

Los estilos de aprendizaje, las inteligencias múltiples, los índices de aprovechamiento confirman la correlación estrecha entre el proceso de enseñanza - aprendizaje con resultados contundentes y significativos que determinaron la preferencia hacia la inteligencia lógico-matemática y viso-espacial.

Los aprendizajes del saber hacer que implicaron competencias procedimentales, presentaron resultados para niveles de entrada, apropiación y empoderamiento en los procesos de evaluación diagnóstica, formativa y sumativa de 15%, 75% y 92% respectivamente en las carreras participantes.

La aplicación del programa permitió innovadoras formas de planear la enseñanza más abierta, flexible y adecuada a las distintas inteligencias y estilos de trabajo para desarrollar las capacidades de los alumnos atendiendo a la diversidad.

Los resultados en los índices de aprovechamientos con valores entre el 85-92 de promedio demostraron que el PIIM permite el desarrollo de las IM en los grupos trabajados y fomenta el equilibrio para las formas de aprender de los estudiantes participantes.

El PIIM brindó apoyo significativo en el desarrollo de estrategias relacionadas con estilos de aprendizaje, capacitación para el desarrollo de las inteligencias y en consecuencia brindó una perspectiva integral hacia el quehacer educativo basado en competencias lo que permitió un desarrollo integral en la formación de nuestros profesionistas.

Referencias

1. Alcántara Méndez, Virginia. (2014). Evaluación y desarrollo de las inteligencias múltiples en el área de Ciencias del Mar del Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz, México. *Revista Coloquio de Investigación Multidisciplinaria*. Volumen 2. Número 1. Octubre 2014. ISSN: 2007:8102.
2. Ballester. P. (2004). *Evaluar y atender la diversidad de los alumnos desde las inteligencias múltiples*. Murcia: Universidad de Murcia.
3. Ferrándiz, C. (2003). *Evaluación y desarrollo de la competencia cognitiva. Un estudio desde el modelo de las inteligencias múltiples*. Murcia: Universidad de Murcia.
4. Gardner, H. Kornhaber, M. L. y Wake W.K (2000) *Inteligencias múltiples perspectivas*. Buenos Aires: Aique.
5. Gardner, H. Feldman, D. y Krecheswsky (2000c). *Proyecto Spectrum*. Tomo III. *Manual de Evaluación*. Madrid: MEC/Morata.
6. Gardner, H (2005). *Las cinco mentes del futuro. Un ensayo educativo*. Madrid: Paidós.
7. Gardner, H. (2007). *Las estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias múltiples*. México: Fondo de Cultura Económica.
8. Kursweil, R. (1999). *La era de las máquinas espirituales*. Barcelona: Planeta.
9. Riat J. y Soler, M. (2004) *Estrategias para el desarrollo de la inteligencia*. Madrid: CEAC Educación.
10. Serrano, A M. (2005). *Inteligencias múltiples y estimulación temprana*. Madrid: MAD SL.

Análisis de antivalores en bachillerato particular de Orizaba. Como medida preventiva del fracaso universitario.

E. Bustos Romero¹, N. Ponce Escobar^{1*}, G. Rodríguez González¹

¹ Docentes de la Universidad del Valle de Orizaba, Vicente M Corona s/n, Col, Espinal, CP94330, Orizaba, Veracruz, México

*nponce@correo.univo.edu.mx

Área de participación: Investigación educativa

Resumen

La investigación, reconsidera la importancia y trascendencia de estimular valores desde la docencia y poder evitar ser permisivos ante la vivencia de antivalores de los estudiantes, en el nivel medio superior, para evitar que en la educación superior muestren actitudes y comportamientos que pongan en riesgo su formación académica, también para erradicar antivalores y mejorar el recurso humano para un futuro laboral prometedor.

El estudio explora los indicadores; Colisión social, Desadaptación social, Compañerismo Dañino y Autodaño que implican antivalores de mayor presencia en el contexto educativo. Los resultados arrojaron porcentajes que van del 40%, a más del 60 % en cuanto a vivencias de antivalores. Esto confirma la necesidad de desarrollar propuestas que limiten antivalores y a su vez sensibilizar a docentes para que estimulen valores y con ello disminuir el riesgo del fracaso en educación superior, asegurando el éxito de los futuros egresados en su vida laboral.

Palabras clave: Antivalores, educación superior y estudiantes.

Abstract

The research, reconsiders the importance and significance of foster the values from teaching and to could avoid being permissive to anti-values experiences of the students in the high school level, to prevent that the higher education show attitudes and behaviors that endanger their academic training, also to eradicate anti-values and improve the human resource for a promising laboral future. The study explores the indicators; Social impact, social maladjustment, harmful companionship and self-harm which involves a greater presence anti-values in the educational context. The results showed percentages ranging from 40% to over 60% in terms of anti-values experience. This confirms the need to develop proposals to limit negative values and at the same time sensitize teachers to encourage values and thus reduce the risk of failure in higher education, ensuring the future graduates success in the working life.

Introducción

Las interacciones humanas en sus diferentes contextos (familiar, escolar, laboral, etc.) suelen ser adaptadas y exitosas cuando se incluyen valores, como cualidades que una persona posee y que le permiten ser digna de aprecio y estimación, dichos valores tienen como objetivo mejorar la calidad de vida, por ello hoy en día son tomados en cuenta en el ámbito laboral, para asegurar grupos y equipos de trabajo que tiendan a lograr las metas organizacionales, erradicar conflictos y asegurar un clima de cooperación, que en conjunto aseguren la permanencia social de la empresa. Por lo anterior la educación superior debe estimular esos valores que son la base de un buen profesionista.

La barrera para lograr lo anterior se encuentra en la vivencia de antivalores, generadores de conflicto y considerados lo opuesto a los valores tradicionales. La lista de tales antivalores es extensa y se lleva a cabo en los diversos contextos donde se desempeña el ser humano, por ello en la presente investigación se involucra la exploración de aquellos que se hacen más presentes en contextos educativos y que si bien se presentan en sus diversos niveles, se considera una mayor vivencia en el nivel medio superior, por esta razón la investigación se realizó en una muestra de 159 estudiantes de ese nivel, en una escuela particular de Orizaba. Sin embargo el interés particular es en el nivel superior, donde se ha observado que la presencia de antivalores perjudica su éxito universitario, impactando su futuro laboral.

Como base de un estudio científico, la presente investigación hace referencia a una metodología que se inicia con el planteamiento del problema, seguido de los objetivos, se involucran a su vez postulados teóricos que respaldan la importancia de estudiar lo referente a valores y antivalores para mejorar el proceso educativo de los estudiantes. Ya en la parte final de la investigación, se muestran los resultados obtenidos, los cuales en términos generales sí hacen notar la vivencia de antivalores en los estudiantes de nivel medio superior, en porcentajes que fluctúan entre un 40%, 50% y hasta un 60%, los cuales se visualizan en las tablas y graficas correspondientes. Lo anterior justifica la necesidad de ampliar el estudio y dar pauta a propuestas que minimicen el daño que los antivalores provoca en estudiantes de diversos niveles educativos y que en específico incrementa el riesgo de fracaso en el nivel medio superior.

Metodología

Planteamiento del problema

Actualmente crece la preocupación por determinar los factores que permiten alcanzar el éxito en diversas facetas de la vida humana, pudiendo ser estas como: trabajador, integrante de una familia, estudiante, pareja, etc. En fin, se podría hablar de la existencia de un interés generalizado para encontrar aquello que determine o asegure que se va a lograr éxito.

Tomando en cuenta lo anterior, es en el ambiente laboral, donde actualmente se exigen personas preparadas y con una personalidad que involucre la capacidad para adaptarse no solo a nuevas tareas, sino también toma en cuenta la integración al trabajo en equipo y a la toma de decisiones conjunta que lleve a conseguir resultados no solo satisfactorios también innovadores, pero esto es posible cuando las personas responden adecuadamente a su formación universitaria, integrando en sus actos valores básicos como la responsabilidad, solidaridad, capacidad de escucha, tolerancia, etc.

Por tanto, si se toma en cuenta que toda acción humana está determinada por factores cognitivos, se hace necesario determinar si es que la mente cuenta con información que le ayude a provocar, encauzar y limitar la conducta. Mencionando que tal conducta, será adaptada y tendiente al logro de metas que beneficien a la persona, solo cuando la información que posea la persona sea acertada y rica en valores, sin embargo pocas son las veces que se tiene en cuenta que tal información, determinante de conductas, debe involucrar valores como una cualidad intrínseca que determina el carácter y la actuación social, por lo que se debe asegurar su presencia en el proceso de formación escolar de todo estudiante.

Como docente en la formación académica de estudiantes universitarios, que en poco tiempo formaran parte no solo del mundo de los adultos, sino también de la fuerza laboral del país, se involucra un gran compromiso que solo será posible cumplir si se indagan elementos que aseguren lograr tal fin, esto es que se pueda asegurar lo más posible su éxito universitario.

La investigación da pauta no solo a reconsiderar algo ya preestablecido, como lo es la importancia de formar en valores, de igual forma se reflexiona en las nuevas generaciones de estudiantes, que llegan a iniciar sus estudios de educación superior con actitudes y comportamientos que implican un gran número de antivalores y que dan lugar a fracasos en su desempeño escolar y en lo futuro, en su contexto laboral.

Por lo anterior mencionado, surge la necesidad de investigar, primeramente en el nivel educativo precedente a la universidad, esto es en el bachillerato, puesto que al iniciar la vida universitaria, las generaciones actuales de estudiantes llegan con una serie de antivalores que gradualmente van entorpeciendo su formación académica (según observaciones y comentarios docentes). Lo mencionado sustenta el inicio del presente estudio para conocer de forma objetiva, si realmente se está presentando un problema en los estudiantes de bachillerato, que de cierta manera afecta su éxito en estudios de educación superior y que a su vez son el origen de daños en la formación personal, emocional y en su futuro profesional, lo cual resulta en el debilitamiento de su voluntad y convicciones, para poder dirigirse al planteamiento y logro de metas que como resultado den una generación de adultos útiles a la sociedad, con grandes ideas para crecer en el ámbito personal, social y económico, convirtiéndose en lo que el país necesita **personas altamente productivas**.

Con lo mencionado, queda clara la preocupación docente, de investigar; ¿qué está pasando con las actitudes, conductas y emociones de las nuevas generaciones?, ¿es constante la expresión de antivalores, lo que a su vez no le exige a los estudiantes que vivan en valores? y, ¿de qué forma se puede ayudar a los estudiantes?, para asegurar una formación que les permita convertirse en profesionistas exitosos. Por ello el presente trabajo

tiene como pregunta de investigación la siguiente: ¿En los estudiantes de un bachillerato particular de la Cd. de Orizaba, Veracruz es constante la vivencia de antivalores?

Objetivo de investigación

Analizar si en los estudiantes de un bachillerato particular de la Cd. de Orizaba, Veracruz es constante la vivencia de antivalores. Como una medida preventiva para generar conocimientos que ayuden gradualmente a disminuir el fracaso en la educación superior y de igual forma crear las condiciones para asegurar el éxito de la misma.

Lo anterior se logra mediante; la identificación de antivalores que vivencian los estudiantes y que influyen negativamente en sus conductas escolares (enunciados por; Álvarez & Cardos & Moreno 2000) con la categorización de dichos antivalores, mediante el conocer en qué porcentaje se da tal problemática, su influencia negativa en su desempeño escolar, así como llegar a visualizar propuestas de reducción de los mismos.

Diseño de investigación

El presente estudio descriptivo, se basa en una serie de pasos de carácter científico en donde se involucran elementos de la investigación cualitativa, al referir un fenómeno de tipo social que se vuelve más constante en las instituciones de nivel medio superior, pero que impacta de forma negativa a la educación superior, tal es el caso de la vivencia de antivalores por parte de los estudiantes. Pero a la vez con la finalidad de darle mayor objetividad al estudio se involucra la investigación cuantitativa, en donde mediante la aplicación de una encuesta se origina la presentación de datos numéricos y gráficas de resultados.

La hipótesis que sustenta la presente investigación es la siguiente; “Existe la vivencia constante de antivalores en estudiantes de un bachillerato particular de la Cd. de Orizaba, Ver”. Su comprobación involucró elementos del procedimiento investigativo; La consulta de referencias teóricas sobre el comportamiento que refleja la vivencia de antivalores de los estudiantes en el contexto escolar, establecer cómo la vivencia de antivalores en estudiantes de bachillerato genera un deterioro del éxito en sus futuros estudios de educación superior. La búsqueda, indagación y selección de antivalores que impactan en contextos educativos, clasificación y categorización de dichos antivalores, diseño de instrumento de recolección de datos (en este caso encuesta, la cual se aplica a las fuentes primarias (estudiantes de bachillerato), se llegan a conocer y concretar los resultados de la vivencia de antivalores y con ello se está en condiciones de minimizar factores que están perjudicando el éxito de la educación superior en los estudiantes.

Marco teórico

Dentro de las investigaciones previas, referentes al fenómeno investigado, se destaca la necesidad de realizar estudios acerca de valores, incluso el involucrar su estudio a nivel curricular, para que la formación superior sea exitosa. Tal es el caso del estudio presentado por Rojas & González & González & Núñez (2010), en la revista “Educación Médica Superior”, donde se destaca el hecho de cómo los problemas actuales en el orden político-económico que afectan a la humanidad, están incidiendo notablemente en la formación y educación de valores. La responsabilidad que tiene la Universidad en la sociedad, referente a los cambios y transformaciones que son necesarios en el ámbito educativo en las dimensiones de moralidad y espiritualidad. Se hace referencia a las tendencias de desarrollo actual en el ámbito educativo declaradas desde 1998 en la Conferencia Mundial sobre Educación Superior, con nombre; “Visión y acción para el siglo XXI”. En donde se señala la relevancia de un aprendizaje permanente con el fin de formar ciudadanos con calidad no solo en el orden científico técnico sino en la formación de valores humanos y se argumenta sobre los valores de la profesión de Enfermería que permiten al profesional la resolución de problemas con responsabilidad, ética y autonomía.

Por otro lado el estudio realizado por Hirsch (2006), refleja un estudio acerca de la “Construcción de un estado del conocimiento sobre valores profesionales en México”, en donde como resultado de sus indagaciones se afirma que es necesario difundir que la construcción de un estado de conocimiento es una tarea abierta y colectiva, que implica tener una actitud de búsqueda para: detectar y dar seguimiento a los grupos de investigación en el campo temático de valores profesionales. Queda claro que al estar en educación superior se requiere vivenciar valores, puesto que con ellos se asegurará el éxito de dicha formación, infiriendo en ello que al ser mayor la vivencia de antivalores, el estudiante de educación superior queda en riesgo de fracasar en sus estudios.

Con lo anterior queda claro que el estudio de valores Vs antivalores, es un campo temático en construcción, donde se tienen que sumar esfuerzos para optimizar la formación del recurso humano. Lo cual también se refleja en estudios de; Ortiz 1999, Riveros 2012 y Yarce 2006.

En otra área del estudio de los valores Roberto J. Blancarte Pimentel, Doctorado en Ciencias Sociales, sociólogo, historiador, científico social mexicano especializado en religión, laicidad y democracia, actual profesor investigador del Centro de Estudios Sociológicos de El Colegio de México e Investigador Asociado del Grupo de Sociología de Religiones y de la Laicidad (GSRL), realiza su obra; *El pensamiento social de los católicos mexicanos (2011)*, donde menciona que la percepción de la familia y de lo social en el país, es pesimista. Según esto, por considerar que está sumida en una crisis moral y económica, desorientada por el cambiante y agresivo entorno que avasalla a la "persona humana" y a la familia en sí, lo que propicia un deterioro social que va en aumento. Las causas de tal crisis radican principalmente, según sus investigaciones, en las leyes que regulan la sociedad y entidades encargadas de difundir mensajes, lo cual impacta el soporte ético y moral de la sociedad. Sustenta que es en varios de los mensajes actuales en los cuales; se transmiten antivalores que fomentan el materialismo, consumismo, hedonismo desintegración familiar violencia, criminalidad, desvíos de sexo y prácticas de conducta antinatural. En suma, Blancarte, enuncia que en lo social, se vive carente de prejuicios, sin respeto a la ética y los valores, lo que en suma genera carencia de juicios sólidos y objetivos para orientar correctamente a la juventud de México y para evitarles crisis de identidad.

Se aprecia que el anterior investigador resume la problemática que hoy en día muchos de los docentes apreciamos en los estudiantes que nos toca atender y lo cual refleja que se aborda no solo una problemática escolar, va más allá en la proyección de un daño social a largo plazo, que de no atenderse generará un caos.

En el 2010 Fernando Latapí presenta una obra titulada *La SEP por dentro*, en donde llama la atención la entrevista realizada a Fernando Solana Morales, quien fue Secretario de educación pública en 1976-1982 y por segunda vez en 1993, en ella aborda la problemática inferida en esta investigación, donde de alguna forma se opina que los medios masivos de comunicación cooperan para formar en los jóvenes la tendencia a vivenciar antivalores, producto de un modelaje de lo que la TV presenta. La pregunta que se realiza es la siguiente; ¿es posible llegar a las empresas televisivas con un planteamiento favorable a la educación?, donde Solana responde que NO, puesto que dichas empresa son muy poderosas y lamentablemente la información de valores y estilos de vida para una cultura sana es algo que no les conviene promover. Menciona que realmente nunca se ha intentado reglamentar el artículo 74 de la LGE (Ley General de Educación), donde se establece que los medios deben contribuir a los fines de la educación nacional, esto actualmente se toma como contribuir o coadyuvar para no herir la libertad de expresión, pero aun así se observa, en este 2015, que cada día los programas, comerciales y demás información que se trasmite en TV, manejan datos y modelos de conducta erróneos, que lo único que provocan son males sociales y educativos mayores.

En otra obra de Fernández & Rodríguez (2008), sobre el debate de valores en la escuela mexicana, se manifiesta que los seres humanos forman sus valores a través de la socialización, la cual se presenta en dos fases: primaria, en el seno de la familia y secundaria, en la escuela. En donde las características de la socialización primaria, es la carga afectiva con la que se transmiten los contenidos y la identificación con el mundo tal y como lo presentan los adultos, originando que el infante internalice al mundo de acuerdo a los parámetros que le ofrece la familia, como el único existente y que pueden concebir, por eso la imperante necesidad de que los padres, se involucren en la educación de los hijos y realicen este proceso de manera consciente para formar en valores, limitar la presencia de antivalores y que permitan a sus hijos un acercamiento con el mundo real.

También la obra que presentan Fernández & Rodríguez, sostiene que los cambios que se aprecian contemporáneamente en las familias mexicanas afectan significativamente su función socializadora, esto es; dinámicas familiares alteradas, falta de alguno de los padres, errores de crianza, presencia física pero no psicológica en los hijos, errores o falta de convivencia, la expansión de la familia nuclear, la reducción del número de hijos, el crecimiento de las uniones libres, el número de hijos que viven con sólo uno de sus progenitores, el cambio frecuente de la figura paterna, etc. En suma se está ante una multicausalidad de la pérdida del fomento de valores y correspondientemente de la generación de antivalores, lo cual es necesario investigar desde diferentes áreas del conocimiento para tener una mayor y mejor perspectiva del problema para estar en mejores condiciones de enfrentarlo y poder resolverlo de tal forma que los estudiantes al iniciar su educación superior estén en condiciones de obtener mejores resultados.

Desde un punto de vista de Rafael De Asís (2013) y tomando en cuenta un enfoque transhumanista, se hace mención que debe tomarse en cuenta que los seres humanos son más felices, adaptados y exitosos cuando toman el control racional de las fuerzas naturales y sociales que controlan sus vidas. Esto representaría lo opuesto de ser víctima de modelos erróneos o bien manipulaciones sociales, producto de los medios masivos de comunicación y estilos de vida que suelen ser comunes a la época histórica que se vive, pero que en ninguna forma son normales o benéficos para lograr el éxito personal y educativo.

Resultados y discusión

A continuación se presentarán los resultados que se obtienen de la aplicación de la encuesta a estudiantes de un bachillerato particular de la Cd. de Orizaba, Ver., en el período escolar de Enero- Junio 2015. Dicho bachillerato consta de una matrícula de 264 alumnos inscritos correspondientes a segundo, cuarto y sexto semestre. Respecto a ellos, se realizó un muestreo estratificado para darle mayor objetividad a los resultados, obteniéndose 59,54 y 46 alumnos de; segundos, cuartos y sextos semestres respectivamente, con ello se logra una muestra de 159 alumnos.

En tales grupos se exploraron 4 indicadores: Colisión social, Desadaptación social, Compañerismo dañino y Autodaño (El nombre de cada categoría de indicadores fue asignada de forma personal, de acuerdo a las características de cada antivalor evaluado en los reactivos de la encuesta), La tabla 1 muestra la distribución de los indicadores, cada uno con los antivalores explorados y su número de reactivo en la encuesta

Indicador 1	Indicador 2	Indicador 3	Indicador 4
COLISIÓN SOCIAL	DESADAPTACIÓN SOCIAL	COMPAÑERISMO DAÑINO	AUTO DAÑO
Infieles Reactivo 1	Problema para acatar reglas Reactivo 2	Aprovechados Reactivo 3	Promiscuidad sexual Reactivo 4
Falta de autocontrol Reactivo 5	Errores en el uso del ocio Reactivo 6	Egoístas Reactivo 7	Falta de fe Reactivo 8
Lenguaje soez Reactivo 9	Irresponsables Reactivo 10	Deshonestos Reactivo 11	Falta de amor a la vida Reactivo 12
Rebeldes Reactivo 13	Intolerantes Reactivo 14	Irrespetuosos Reactivo 15	Falta calidad emotiva Reactivo 16
Violentos Reactivo 17	Arrogantes Reactivo 18	Mentirosos Reactivo 19	Baja participación familiar Reactivo 20

Tabla 1. Tabla de distribución de indicadores y reactivos de la encuesta

La exploración de antivalores en la encuesta aplicada de 20 reactivos, indagó los indicadores ya enunciados, los cuales con los datos obtenidos de cada semestre se separaron por reactivos de cada indicador (otorgando a cada uno un color, como anteriormente se visualizan) y se obtuvieron porcentajes finales, los cuales tuvieron como antecedente la elaboración de tablas que concentran los porcentajes obtenidos en los grupos implicados, las cuales se resumen en las tablas 2, 3 y 4

Grupos 2º. Semestres	Aciertos	Porcentaje (%)
indicador 1	146	49.49
indicador 2	191	64.75
indicador 3	146	49.49
indicador 4	145	49.15

Tabla 2. Tabla de porcentaje de vivencia de antivalores en 2º. Semestre

Grupos 4º. Semestres	Aciertos	Porcentaje (%)
indicador 1	129	47.78

indicador 2	173	64.07
indicador 3	116	42.96
indicador 4	137	50.74

Tabla 3. Tabla de porcentaje de vivencia de antivalores en 4º. Semestre

Grupos 6º. Semestres	Aciertos	%
indicador 1	112	48.70
indicador 2	148	64.34
indicador 3	100	43.48
indicador 4	92	40.00

Tabla 4. Tabla de porcentaje de vivencia de antivalores en 6º. Semestre

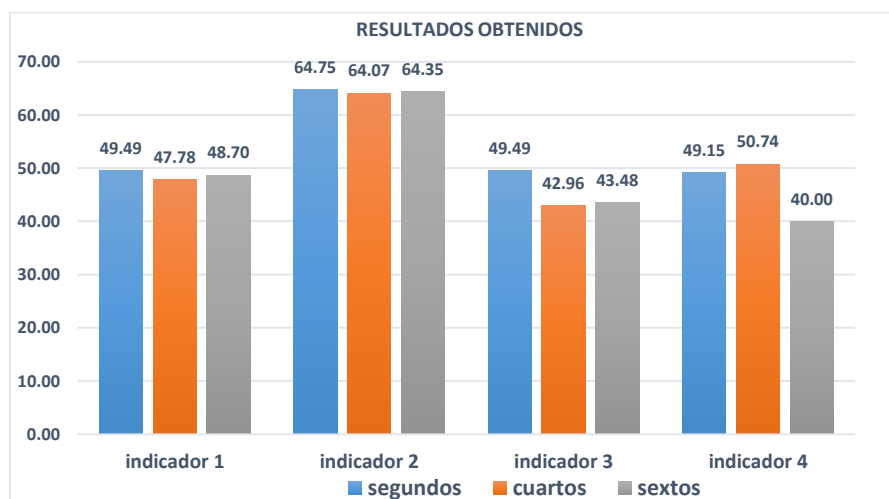


Figura 1. Gráfica de resultados finales

En la Figura 1, se tiene una gráfica que muestra de manera concreta los resultados de la presente investigación.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos se logra plasmar que es clara la vivencia de antivalores de los estudiantes analizados, en unos grupos más que en otros, en donde se observa que el indicador 1 de colisión social es mayor en los segundos semestres con un 49.49%, el indicador 2 de desadaptación social con un 64.75% y el indicador 3 de compañerismo dañino con un 49.49%, también en grupos de segundo semestre y ya el indicador 4 de Autodaño con un 50.74% en estudiantes que pertenecen a grupos de cuarto semestre. Es en grupos de segundo semestre donde se observa que se da una mayor vivencia de antivalores. Sin embargo los porcentajes son de un 40% hacia arriba hasta llegar a un 64.75%, lo cual habla de la constancia del problema, por lo que se acepta la hipótesis: Si existe la vivencia constante de antivalores en estudiantes de un bachillerato particular de la Cd. de Orizaba, Ver. Tales resultados hacen ver la necesidad de estimular la vivencia de valores para combatir antivalores en la educación media superior y así disminuir el riesgo de fracasos escolares en educación superior.

Recomendaciones

Es claro que con el paso del tiempo, la educación y estimulación de valores tanto en la familia como en la escuela, ha ido perdiendo constancia, además de que los padres preocupados por aportar lo material a casa ya no cuentan con el tiempo para hacerlo, por ello se recomienda capacitar a los docentes en los principios del aprendizaje observacional, para que ellos se conviertan en modelos sociales que practiquen y motiven la vivencia de valores, estableciendo estrategias de comunicación e interacción efectiva, tales como eventos programas y promociones entre otros que mantengan la activación de los valores como impulsores de conducta adaptada en los estudiantes. Ya Albert Bandura en 1986 postulaba que al contemplar los elementos

de; poner atención, retener impresiones, generar conductas y estar motivado para repetir las, logra cambios comportamentales. Esto es lo que se recomienda, estimular como parte de la actual teoría cognoscitiva social propuesta por Hill en el año 2002 (Woolfolk. 2006) y que debería implementarse para mediante la práctica y la retroalimentación positiva los docentes se conviertan en modelos dignos de imitarse ya que sus alumnos estarían motivados a ponerles atención y modelar esa vivencia de valores que tanto necesita nuestra sociedad actual. En lo anterior se requiere estimular la función ética de los docentes para que contribuyan al fortalecimiento y sustentabilidad institucional y lograr que los estudiantes sean ampliamente competitivos al término de sus estudios y así lograr prevenir el fracaso en sus futuros estudios universitarios.

Referencias

1. Blancarte, P. R.J. (2011). *El pensamiento social de los católicos mexicanos*. México. Fondo de Cultura Económica
2. De Asís R. (2013). *Una mirada a la robótica desde los derechos humanos*. Madrid. Instituto de derechos humanos
3. Fragoso, F.E. & Canales, R. E.L. (2008) *Estrategias educativas para la formación en valores desde la educación informal de la familia*. México. Universidad de la Salle Pachuca, México. Recuperado el 24 de junio de 2015 <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/28856/3/investiga6.pdf>
4. Hirsch, A. (2006). *Construcción de un estado del conocimiento sobre valores profesionales en México*. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 8 (2) Recuperado el 24 de junio 2015 en: <http://redie.uabc.mx/vol8no2/contenido-hirsch2.html>
5. Latapí, S. P. (2010) *La SEP por dentro*. México, Fondo de Cultura Económica
6. Ortiz, T. E. (1999) *La Formación de Valores en la Educación Superior desde un Enfoque Psicopedagógico*, *Revista Magistralis*. Universidad Iberoamericana Golfo Centro, Puebla. México. Recuperado el 14 de junio de 2015 en: <http://www.oei.es/valores2/ortiz.htm>
7. Riveros, L. (2012). *Educación superior para el siglo XXI: Una reforma necesaria*. Chile. Recuperado el 14 de junio de 2015 en: <http://noticias.udla.cl/portales/tpd20924e8fs15/uploadImg/File/Evolucion-sistema-educacion-superior-chileno.pdf>
8. Rojas M. González M. González M. Núñez M. (2010) *La educación en valores en el contexto de la formación profesional de Enfermería*. Revista Electrónica Educación Médica Superior. 214–222. Recuperado 02 de julio de 2015 en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ems/v24n2/ems09210.pdf>.
9. Woolfolk Anita. (2006). *Psicología educativa* (9ª. Edición). México. Pearson Educación.
10. Yarce, J. (2006). *El poder de los valores en las organizaciones*. México. Ediciones Ruz-ILL

La capacidad de liderazgo en estudiantes de ingeniería industrial del Instituto Tecnológico de Reynosa

G. Juárez Roman^{1*}, J. Altamirano Herrera², R.A. Zamarripa Franco³, G. Luévano Rodríguez⁴

¹Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Reynosa, Av. Tecnológico s/n, Lomas Real de Jarachina Sur, C.P. 88730, Reynosa, Tamaulipas, México.

²Departamento de Sistemas y Computación, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Reynosa, Av. Tecnológico s/n, Lomas Real de Jarachina Sur, C.P. 88730, Reynosa, Tamaulipas, México.

³División de Ciencias Exactas, Instituto de Estudios Superiores de Tamaulipas – Red de Universidades Anáhuac, Av. Dr. Burton Grossman 501 Pte., Col. Tampico – Altamira Sector 1, C.P. 89605, Altamira, Tamaulipas, México.

⁴Departamento de Ciencias Económicas y Administrativas, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Nuevo León, Av. Eloy Cavazos 2001, Col. Tolteca, C.P. 67170, Guadalupe, Nuevo León, México.

*juarez.gerardo@gmail.com

Área de participación: Investigación educativa

Resumen

El Taller de Liderazgo está establecido en la carrera de ingeniería industrial, impartida en el Tecnológico Nacional de México. El 27.6% de las asignaturas contiene la palabra liderazgo y el 72% contiene equivalencias de la palabra liderazgo en la descripción de las competencias profesionales. El objetivo de este trabajo fue determinar los cambios experimentados en la capacidad de liderazgo por los estudiantes de ingeniería industrial, del 2012 al 2015. El test empleado en este estudio es una versión propuesta por Navarro, Silvia (2004), integrado por quince ítems. Las variables consideradas son: organización, mejoramiento y efectividad; trato humano; apariencia personal; desarrollo profesional; manejo de crisis y conflictos; toma de decisiones y comunicación. Se encontraron incrementos paulatinos en tres momentos. El 17% de los estudiantes, en el tercer momento, percibieron su capacidad de liderazgo en el nivel IV, comparado con el 3% y el 11% del primer y segundo momentos, respectivamente.

Palabras clave: Capacidades, liderazgo, competencias, ingeniería

Abstract

The Leadership Workshop is a course in the Industrial Engineering degree, implanted in the Tecnológico Nacional de México. 27.5 percent of the assignments have the word leadership, and 72 percent contain an equivalent of the word leadership in the description of professional competence. The objective of this work was to determine the changes occurred in the capability of leadership of Industrial Engineering students, from 2012 to 2015. The test implemented in this study is a version proposed by Navarro, S. (2004), integrated by fifteen items. The variables considered are: organization, development and effectiveness; human interaction; personal appearance; professional development; crisis management and conflicts; decision making and communication.

There were discovered gradual increments in the three moments. 17 percent of the students in the third moment perceived their leadership capability in level IV, compared to the 3 percent and the 11 percent of first and second moment, respectively.

Introducción

El Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos de México (SNIT) ofrece 41 programas de licenciatura a una población escolar de 486, 899 estudiantes (Anuario estadístico, 2013); en agosto del 2010, modificó sus programas educativos bajo el enfoque basado en competencias (Dirección General de Educación Superior Tecnológica, 2012). El SNIT incluye a los Institutos Tecnológicos Federales y a los Institutos Tecnológicos Descentralizados. En el año 2014, por decreto, se crea el Tecnológico Nacional de México (TecNM) para aglutinar a estas instituciones educativas. El 17.8% de la matrícula total, se encuentra en la licenciatura en ingeniería industrial. El curso de Taller de Liderazgo está establecido en el plan reticular de esta carrera, impartida en el TecNM. El plan de estudios establece 47 asignaturas en su estructura genérica. El 27.6% de estas asignaturas

contiene la palabra liderazgo específicamente y el 72% contiene equivalencias de la palabra liderazgo en la descripción de las competencias instrumentales, interpersonales y sistémicas (Dirección General de Educación Superior Tecnológica, 2010). El plan de estudios establece desarrollar las capacidades de liderazgo, en forma transversal, a lo largo de la duración de los estudios profesionales.

Varios autores resaltan la educación del liderazgo como un proceso (Bennis, 1990; Kouzes y Posner, 2008). Por su parte, Ciampa (1990) enfoca el manejo del tiempo como parte clave de un liderazgo efectivo. También, este autor expresa los dilemas en la toma de decisiones de los líderes; describe el proceso de toma de decisiones en cuatro pasos: identificación y definición del problema, identificación y definición de soluciones alternas y consecuencias, selección de la mejor alternativa y ejecución de la alternativa seleccionada. Bennis y Nanus (1985) citan como cualidad de liderazgo la capacidad de tener acercamiento al trato humano en sus problemáticas y relaciones cotidianas, dirigida esta actividad en tiempo presente y no de los errores del pasado de las personas. Bryant, Hooijberg y Maznevski (2007) acotan la obligación de los buenos líderes de conducir conversaciones equilibradas; esto es, conversaciones que permitan cuestionar, preguntar y debatir. Estos autores establecen que los buenos líderes transmiten significado y permiten que la gente encuentre el sentido. Tajfel y Turner, mencionados por Reicher, Alexander Haslam y Platow (2007), acuñaron en 1970 el término de identidad social para referirse a la parte del sentido de sí mismo de la persona que es definido por un grupo; anotando que la forma en que visten los líderes les ayuda para lograr ser representativos del grupo que lideran. Vargas (2013) urge a las instituciones de educación a fomentar las e-competencias, establecidas como: del individuo al equipo y del equipo a la red; buscar, seleccionar, evaluar, interpretar y comunicar información relevante para el trabajo y el autoaprendizaje como estilo de vida. Goleman (2008) expone la relación entre la inteligencia emocional y el rendimiento efectivo de los líderes. Establece los siguientes cinco componentes que definen la inteligencia emocional: autoconciencia, autorregulación, motivación, empatía y habilidades sociales. Gordon (1980) menciona la competencia del líder para ayudar en forma preventiva a los miembros de grupos y equipos a resolver crisis y conflicto. Por su parte, Duhigg (2012) anota la validez de rehacer los hábitos organizacionales y personales durante la vivencia de las crisis.

En el año 2012, se determinó la capacidad de liderazgo de 36 estudiantes que participaron en el Taller de Liderazgo de 50 horas presenciales (Juárez y Sánchez, 2012). En 2015 se dio seguimiento a esta investigación de desarrollo de la capacidad de liderazgo. El objetivo de este trabajo fue determinar los cambios experimentados en la capacidad de liderazgo por los estudiantes de ingeniería industrial, del 2012 al 2015.

La hipótesis que se planteó para este trabajo fue la siguiente: la capacidad de liderazgo de los estudiantes de ingeniería industrial mejora a través del tiempo, al desarrollarse transversalmente actividades que les permiten evolucionar en esta competencia profesional.

Este trabajo podría ser útil para evaluar la pertinencia del Taller de Liderazgo y el desarrollo de las competencias de liderazgo establecidas en los planes y programas de estudio de la carrera de ingeniería industrial. También, podría ser útil para realizar adecuaciones a los contenidos del Taller y de las actividades que se planean para desarrollar transversalmente esta competencia profesional. Para los estudiantes podría ser útil para tomar la decisión de ser más participativos olvidando los nervios, controlando sus emociones y teniendo mejor comunicación al lograr aplicar el liderazgo en la vida personal. Para el profesor podría ser útil para apoyar al estudiante a alcanzar al líder en que se quiere convertir en el futuro. Para la institución educativa, para que evalúe sus planes y programas de estudio en función del desarrollo de las capacidades de sus estudiantes.

Metodología

Este trabajo se realizó en el instituto Tecnológico de Reynosa, en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas, México. El primer momento y segundo momento se realizaron en el 2012 con la participación de 36 estudiantes. El tercer momento se realizó durante el periodo de mayo a junio del 2015. Se dio seguimiento a la evolución del desarrollo de la capacidad de liderazgo de 29 estudiantes con edad promedio de 21.8 años, en la finalización del octavo semestre de sus estudios profesionales de ingeniería industrial. De ellos 48.3% estaban trabajando y estudiando; correspondiendo 34.5% hombres y 13.8% mujeres. Los porcentajes de sus ocupaciones fueron los siguientes: obrero (7.1%), líder de celda (7.1%), colector de datos (7.1%), técnico de producto (7.1%), administrador (7.1%), técnico en máquinas y herramientas (14.4%), maestro (21.4%) y cajero (28.7%). La antigüedad en el trabajo fue de 1 año y 10 meses para las mujeres y de 2 años y 6 meses para los hombres.

En el 2015 no se encontraron siete estudiantes; tres no se encontraban inscritos en el Departamento de Servicios Escolares y cuatro no se encontraron durante el levantamiento de la encuesta.

Esta investigación exploratoria y descriptiva utilizó una versión del test sobre capacidad de liderazgo propuesta por Navarro, S. (2004), integrado por quince ítems. Las variables consideradas fueron: organización, mejoramiento y efectividad (Ítems 1,3,5,6,7,12,13), trato humano (Ítems 2,11), apariencia personal (Ítem 4), desarrollo profesional (ítems 8,9), manejo de crisis y conflictos (Ítem 10), toma de decisiones (Ítem 14) y comunicación (Ítem 15). Los indicadores establecidos son los siguientes: organización del tiempo de trabajo y tiempo libre, resaltar virtudes, iniciar algo importante en el trabajo, apariencia personal, mejorar el trabajo, establecer funciones claras, realizar sugerencias útiles, actualización personal, buscar retos, manejo de crisis, animar equipos de trabajo, animo personal, selección de personal, toma de decisiones y descripción de tareas.

Para los cálculos se utilizó el SPSS versión 22 y Excel de Microsoft Office 2013. Se establecieron los porcentajes por nivel de capacidad de liderazgo, luego se determinaron las puntuaciones por nivel de acuerdo al desenvolvimiento de cada estudiante investigado, se determinaron los porcentajes por ítem, se determinaron las ganancias y pérdidas de acuerdo al desenvolvimiento de cada estudiante y se realizó una gráfica radial de liderazgo con las puntuaciones promedio de los quince ítems.

Resultados y discusión

La tabla 1 muestra los porcentajes de los niveles de capacidad de liderazgo en tres momentos diferentes. Hay incrementos paulatinos en los tres momentos. El 17% de los estudiantes, en el tercer momento, perciben su capacidad de liderazgo en el nivel IV, comparado con el 3% y el 11% del primer y segundo momentos, respectivamente. Es importante que en el programa de ingeniería industrial, la educación del liderazgo sea considerada como un proceso que permite enfocar las actividades de enseñanza y aprendizaje en su desarrollo. La organización, mejoramiento y efectividad; trato humano; apariencia personal; desarrollo profesional; manejo de crisis y conflictos; toma de decisiones y comunicación son las áreas que un estudiante de ingeniería industrial podría desarrollar durante sus estudios profesionales.

Tabla 1. Evaluaciones de la capacidad de liderazgo

Nivel	Puntos	2012		2015
		1er. Momento	2do. Momento	3er. Momento
		% de estudiantes	% de estudiantes	% de estudiantes
I. Eficaz trabajando bajo las indicaciones de otro.	15 -25	0	0	0
II. Eficaz en lo que se realiza, pero se prefiere que otro tenga la iniciativa.	26 - 37	19	8	10
III. Con dotes de mando y capacitado para dirigir a otros. Puntos fuertes son la iniciativa y la perseverancia.	38 - 50	78	81	73
IV. Eficaz en el trabajo y con mucha iniciativa. Saber bien como dirigir a un grupo y conseguir los objetivos.	51 - 60	3	11	17

La tabla 2 muestra la evaluación de la capacidad de liderazgo por género. Los hombres obtienen puntuaciones altas a largo plazo en el 2015, comparadas con las mujeres. En 2015 hay una ganancia del 5.4%, comparado con la puntuación obtenida en el segundo momento en 2012; también, ubican mayor cantidad de estudiantes en el nivel IV de la capacidad de liderazgo. Las mujeres, a largo plazo, tiene una retracción en su puntuación o, en el mejor de los casos, permanece sin cambios; a nivel grupal, en el tercer momento obtiene 0.5% menos puntuación comparada con la obtenida en el segundo momento del 2012.

La evolución del desarrollo de la capacidad de liderazgo podría ser afectada por la realización de actividades de estudio y trabajo, así como la antigüedad en el trabajo. Igualmente, podría depender de la calidad del empleo, es decir, en donde y cuando ejerza sus capacidades educativas complejas, lo cual podría tener un efecto positivo en el desarrollo de las capacidades de liderazgo.

Tabla 2. Evaluación de la capacidad de liderazgo por género.

Estudiante	Hombres						Mujeres					
	Resultados/Nivel						Resultados/Nivel					
	2012			2015			2012			2015		
	1er. Momento	2do. Momento	3er. Momento	1er. Momento	2do. Momento	3er. Momento	1er. Momento	2do. Momento	3er. Momento	1er. Momento	2do. Momento	3er. Momento
1	49	III	46	III	56	IV	44	III	46	III	54	IV
2	41	III	35	II	34	II	39	III	39	III	42	III
3	48	III	52	IV	51	IV	37	III	39	III	43	III
4	48	III	50	III	47	III	44	III	51	IV	41	III
5	50	IV	53	IV	50	III	35	II	38	III	33	III
6	47	III	45	III	53	IV	40	III	43	III	46	III
7	39	III	42	III	44	III	41	III	46	III	40	III
8	40	III	47	III	49	III	41	III	49	III	33	II
9	34	II	34	II	48	III	27	II	28	II	39	III
10	42	III	45	III	49	III	41	III	44	III	50	III
11	35	II	43	III	49	III						
12	50	III	42	III	45	III						
13	49	III	49	III	47	III						
14	50	III	45	III	54	IV						
15	41	III	41	III	41	III						
16	46	III	44	III	45	III						
17	45	III	44	III	49	III						
18	46	III	50	III	43	III						
19	46	III	49	III	48	III						
PROMEDIOS	44.5		45.1		47.5		38.9		42.3		42.1	

En la tabla 3 se muestran los criterios con porcentajes más altos obtenidos por ítem. Se comparan los tres momentos de estudio.

Los hallazgos más importantes se encuentran en el cuidado de la apariencia personal, con el mayor porcentaje en el tercer momento, 44.8%. El considerarse como una persona observadora alcanza en el tercer momento, el porcentaje más alto, 51.7%. La selección de personas por su capacidad alcanza el porcentaje más bajo en el tercer momento, 31%. Igualmente, la explicación y descripción de tareas y funciones alcanza el porcentaje más bajo en el tercer momento, 44.8%.

Se observa que el 73.3% de los ítems (1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15) tienen un retroceso comparados contra un 26.7% (4, 5, 6, 11) de los ítems que tienen mejoría, en el plazo de tres años.

Las áreas de capacidad de liderazgo son desarrolladas en forma desigual, debido tal vez a inadecuadas o inexistentes actividades de enseñanza y aprendizaje.

Tabla 3. Evaluación en tres momentos por ítem.

No.	Ítem/Indicador	Criterios	2012		2015
			1er Momento (%)	2do. Momento (%)	3er. Momento (%)
1	Per. org. plan-tiempo	3. Bastante veces, pero no siempre	61.1	58.3	51.7
2	Resaltar lo bueno	3. Bastante veces, pero no siempre	41.7	55.5	34.5
3	Trabajo que me corresponde	3. Bastante veces, pero no siempre	41.7	66.6	51.7
4	Cuido apariencia personal	3. Bastante veces, pero no siempre	38.9	52.7	0.0
		4. Casi siempre, es lo más frecuente	0.00	0.00	44.8
5	Soy una persona observadora	3. Bastante veces, pero no siempre	47.2	47.2	51.7
6	No suelo dar explicaciones	2. Algunas veces, pero no es lo más frecuente	36.1	44.5	0.00
		3. Bastante veces, pero no siempre	0.00	0.00	44.8
7	Gente pone en práctica mis sugerencias	2. Algunas veces, pero no es lo más frecuente	47.2	0.0	0.0
		3. Bastante veces, pero no siempre	47.2	58.3	55.2
8	Soy ambicioso y hago cursos	3. Bastante veces, pero no siempre	50.0	52.8	51.7
9	Me estimulan los retos	3. Bastante veces, pero no siempre	0.0	44.5	0.0
		4. Casi siempre, es lo más frecuente	55.6	0.0	55.2
10	Eficaz en momentos de crisis	3. Bastante veces, pero no siempre	50.0	52.8	48.3
11	Decir palabras de ánimo	2. Algunas veces, pero no es lo más frecuente	36.1	33.3	0.0
		3. Bastante veces, pero no siempre	0.0	33.3	41.4
12	Soy una persona con mucho aguante	3. Bastante veces, pero no siempre	44.4	36.1	41.4
		4. Casi siempre, es lo más frecuente	0.0	36.1	0.0
13	Escojo a las personas más capacitadas	3. Bastante veces, pero no siempre	38.9	36.1	31.0
14	Nunca hago nada impulsivamente	3. Bastante veces, pero no siempre	52.8	38.9	37.9
15	Se explicarme bien	3. Bastante veces, pero no siempre	61.1	61.1	44.8

En la por tabla 4, se muestran los valores de las ganancias en las características de la capacidad de liderazgo por cada estudiante. Estos valores más altos corresponden al momento tres en 2015, comparado con los dos momentos del 2012. Por ejemplo, el estudiante 1 obtiene ganancias en los indicadores 1, 3, 6, 8, 10 y 12 en el tercer momento con un total de 22 puntos. Se observa que los estudiantes 5 y 18 no obtienen ganancia en ningún

rubro de su capacidad de liderazgo. Se observa que los estudiantes 1, 10, 15, 17 y 20 obtienen las ganancias más altas en el tercer momento. En las columnas de los ítem/indicadores, se observan las principales características en donde se obtienen ganancias. Estas son las características 2, 3, 4, 5 y 6.

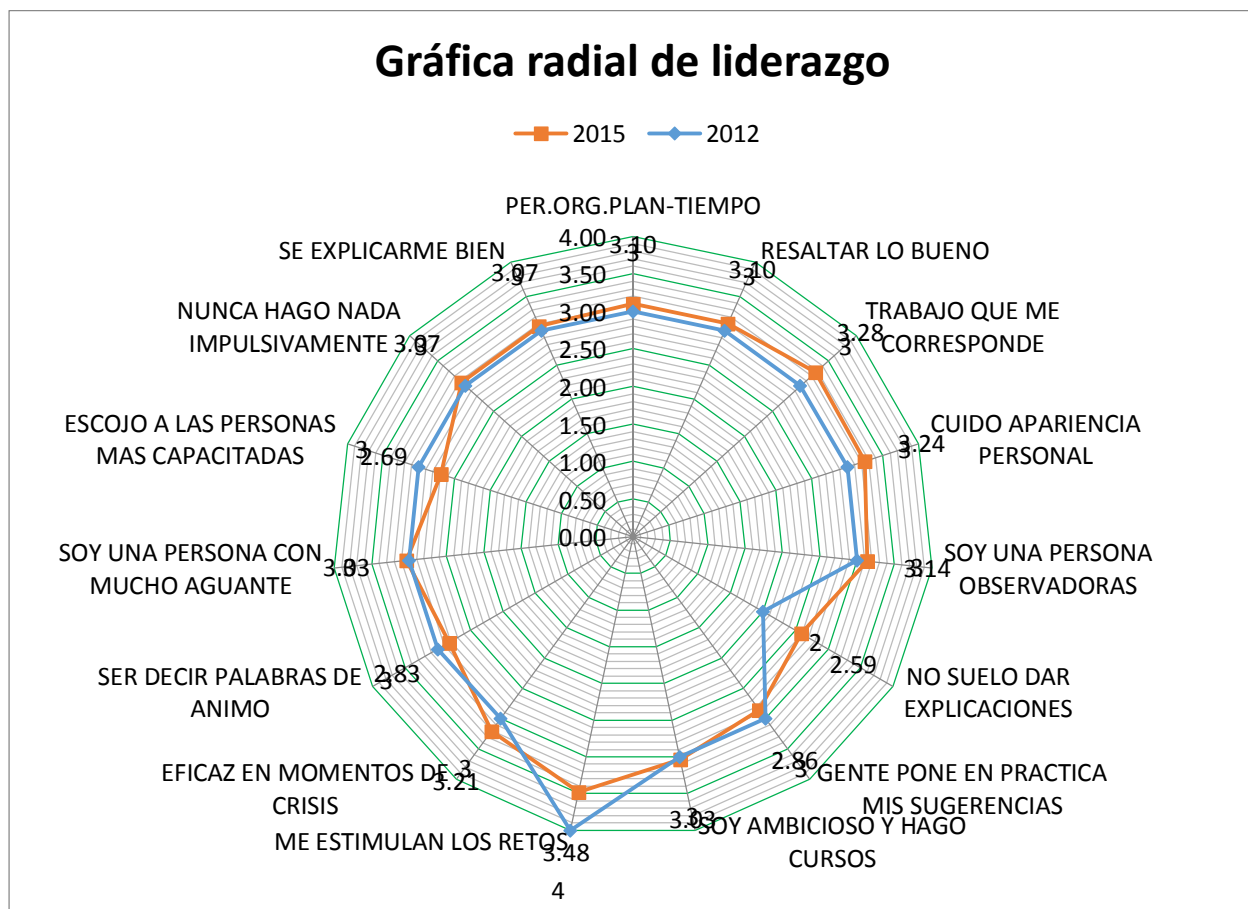
Tabla 4. Ganancias en las características de cada estudiante.

Estudiante	Item/Indicador															Total
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12	#13	#14	#15	
1	4		4			2		4		4		4				22
2		4						4						4		12
3			4			2									3	9
4				4	3	3	3									13
5																0
6					3							3				6
7	4					4			4							12
8															4	4
9												4	4			8
10		4	4				4	4					4			20
11					4	3	3		4							14
12					3											3
13		4		3									3	4		14
14		4	4		4	4										16
15		4	4	4	4			4				4				24
16				4			4			3	3					14
17			4	4			4		4	4					4	24
18																0
19															4	4
20					4		4				4			4	4	20
21											3	4				7
22		3														3
23															4	4
24				4												4
25						4			4					3		11
26		4	4	4		4										16
27				4												4
28										4	4					8
29		4				3			4					4		15
Total	8	31	28	31	25	29	22	16	20	15	14	19	11	19	23	

En la figura 1 se muestra la gráfica de liderazgo con quince ejes formada por los indicadores utilizados, destacando la diferencias entre el tercer momento, 2015, y el segundo momento, 2012. Se observan mejoras en cuidar la apariencia personal, realizar el trabajo correspondiente, y ser eficaz en momentos de crisis. Hay retrocesos en la selección de personas por su capacidad, en la percepción de retos estimulantes, y en decir palabras de ánimo. Este modelo radial grafico muestra avances y retrocesos en el desarrollo de la capacidad de liderazgo.

Al enfatizar algunas actividades educativas a largo plazo, trae como consecuencia su desarrollo, a expensas de otras actividades formativas que se realizan débilmente.

Figura 1. Gráfica radial de liderazgo.



Trabajo a futuro

Es necesario realizar estudios longitudinales para observar el impacto del desarrollo de la capacidad de liderazgo en el desempeño profesional. Podría ser conveniente realizar entrevistas a profundidad, para confirmar las áreas de la capacidad de liderazgo desarrolladas y relacionarlas con el tipo, cantidad y calidad de actividades educativas de liderazgo. Es necesario el trabajo académico colegiado para realizar adecuaciones a los contenidos del Taller y las actividades que se planean para desarrollar la capacidad de liderazgo por los estudiantes de ingeniería industrial.

Conclusiones

La muestra de 29 estudiantes solo permite indicar las áreas de mejora y retroceso en el desarrollo de la capacidad de liderazgo. Se ha limitado tanto geográficamente como temporalmente. Es posible que estudiantes de otros planteles educativos y diferentes carreras profesionales puedan producir resultados diferentes.

En conclusión, los cambios experimentados durante el desarrollo de la capacidad de liderazgo de los estudiantes de ingeniería industrial del Instituto Tecnológico de Reynosa avanzan en algunas áreas y retroceden en otras. A nivel general, hay mayor porcentaje de estudiantes en el tercer momento que perciben eficacia en el trabajo al dirigir a un grupo. Los hombres obtienen puntuaciones altas en la capacidad de liderazgo a largo plazo, con respecto a las mujeres. Los cambios por ítems muestran alto porcentaje de retroceso en las características de liderazgo. El desenvolvimiento de cada estudiante determina las ganancias y pérdidas en las características de liderazgo.

Referencias

1. *Anuario estadístico 2013*. Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos. Dirección General de Educación Superior Tecnológica. www.tecnm.mx/images/areas/c_planeacion/2014/transparencia/ANUARIO_2013.pdf
2. Bennis, W. (1990). *Como llegar a ser líder*. Norma: Colombia.
3. Bennis, W. y Burt Nanus (2008). *Líderes. Estrategias para un liderazgo eficaz*. Paidós: España.
4. Bryant, B., Robert Hooijberg y Martha Maznevski (2007). *La conversación que compromete*. Expansión: México.
5. Ciampa, D. (1990). *Liderazgo industrial*. Legis: Colombia.
6. Dirección General de Educación Superior Tecnológica. 2012. *Modelo educativo para el Siglo XXI. Formación y desarrollo de competencias profesionales*. México: autores.
7. Dirección General de Educación Superior Tecnológica. 2010. *Programas de estudio de ingeniería industrial IIND-2010-227*. Distrito Federal: México.
8. Duhigg, C. (2012). *El poder de los hábitos. Por qué hacemos lo que hacemos en la vida y en la empresa*. Urano: España.
9. Goleman, D. (2008). *What Makes a Leader?* Harvard Business Review Onpoint: USA.
10. Gordon, T. (1980). *LET. Líderes eficaz y técnicamente preparados*. Diana: México.
11. Juárez Román, G. y Luis Iván Sánchez Rodríguez. (2012). *La capacidad de liderazgo en estudiantes de segundo semestre de la licenciatura en ingeniería industrial del Instituto Tecnológico de Reynosa*. Memorias del VI Congreso Internacional de Educación: Evaluación, ISBN 978-607-7698-82-1. Universidad Autónoma de Tlaxcala: Tlaxcala, México
12. Kouzes, J.M. y Barry Z. Posner (2008). *El desafío del liderazgo*. Granica: Argentina.
13. Navarro, S. (2004). *Tests de personalidad*. LIBSA: España.
14. Reicher, S. D., S. Alexander Haslam y Michael J. Platow (2007). *The New Psychology of Leadership*. Scientific American Mind: USA.
15. Vargas, C. (2013). *El Liderazgo se transforma*. PYME Adminístrate hoy: México.

Análisis del uso de herramientas didácticas basadas en competencias para las materias de programación.

P.Quitl González ^{1*}, M.A.Herrera Hernández ², C.Nava Arteaga ¹, R.G.Trejo Pacheco ¹, C. R.Vásquez Trujillo¹.

¹ Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Orizaba. Av. Ote 9 No.852, Orizaba, Ver., México.

² Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Orizaba. Av. Ote 9 No. 852, Orizaba, Ver., México.

* pquitl@yahoo.com.mx

Área de participación: Investigación educativa

Resumen

Actualmente, el tema de mayor interés en el ámbito pedagógico de la Educación Superior es el de "Enfoque Educativo basado en Competencias", al respecto, en el Departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Orizaba se ha elaborado un **Manual de herramientas de enseñanza-aprendizaje basado en competencias para las materias de programación.**

Esta investigación está enfocada a analizar el uso de las herramientas didácticas, que ofrece dicho manual, tales como: cuadro comparativo, cuadro sinóptico, prácticas de laboratorio, mapa mental, mapa conceptual, trabajo documental, resumen, reporte proyecto de investigación, ensayo y exposición; por parte de los docentes que imparten las asignaturas de fundamentos de programación, programación orientada a objetos, estructura de datos y tópicos selectos de programación durante el semestre enero-junio 2015. Los resultados obtenidos arrojan que el uso del **Manual** ha establecido una forma de trabajo en la didáctica del área de programación.

Palabras clave: herramientas didácticas, competencias, programación.

Abstract

At the present time, the topic of greatest interest in the educational field of higher education is "Educational Skills Approach" in this regard, in the Department of Systems and Computing Orizaba Institute of Technology has developed a **Manual de herramientas de enseñanza-aprendizaje basado en competencias para las materias de programación.**

This research is aimed at analyzing the use of teaching tools, offering the manual, such as: comparative table, synoptic table, lab practices, mind map, conceptual map, documentary work, summary, research project report, essay and exhibition; by teachers who teach subjects **fundamentos de programación, programación orientada a objetos, estructura de datos y tópicos selectos de programación** at the period January-June 2015. The results throw that the use of the Manual has established a way of working in the teaching of programming area

Introducción

Para tratar el término estrategias didácticas es importante que en principio se aborden algunas consideraciones teóricas relacionadas con el campo en que se ubican las estrategias. En ese sentido, para analizar el término estrategia didáctica implica que se realice una serie de planteamientos que involucran la relación entre la didáctica y la instrumentación.

La didáctica se da en la expresión de las formas de estructuración, orientación, desarrollo y fin de los procesos de enseñanza y aprendizaje, en la interacción y las relaciones entre los actores del proceso enseñanza-aprendizaje (Runge, 2007). En tal sentido, se puede decir que la didáctica se encarga de estudiar las prácticas de enseñanza, considerando los aspectos que relacionan el mundo de la vida con el mundo de la escuela a partir de las metas que se fija una sociedad para formar un tipo de persona. Desde esa perspectiva, se asume la didáctica como una disciplina cuyos espacios de discusión inician con los aspectos concernientes a los procesos de enseñanza-aprendizaje, pasando por la evaluación, el currículo, las estrategias metodológicas y las herramientas didácticas.

Ahora bien, cabe preguntarse el porqué de las consideraciones anteriores, cuando se está abordando un aspecto muy puntual como el análisis del uso de las herramientas didácticas implicadas en los procesos de enseñanza-aprendizaje para las materias de programación. La respuesta está en que precisamente las herramientas didácticas, de una u otra forma, se encuentran en el seno de la didáctica, aunque es claro que cuando se hace referencia a las estrategias éstas se ubican en el plano del método.

Como punto de partida, se puede definir a las estrategias didácticas al igual que las herramientas didácticas como el conjunto de procedimientos apoyados en técnicas y medios de enseñanza que están guiados por unos objetivos establecidos que, por lo general, tocan el plano de la formación, en dicho contexto las herramientas didácticas de las que se habla se han diseñado mediante un **Manual de herramientas de enseñanza-aprendizaje basado en competencias para las materias de Programación** para las carreras de Ingeniería en Sistemas e Ingeniería en Informática que se ofrecen en el Instituto Tecnológico de Orizaba y se ha desplegado su contenido a través de la Academia de Sistemas y Computación.

Herramientas didácticas de enseñanza

Al establecer como objetivo de esta investigación el análisis del uso de herramientas didácticas basadas en competencias por parte de los docentes que imparten las materias de programación para las carreras de ingeniería en sistemas e ingeniería informática, se ubica como sujeto de la investigación a los docentes, ya que aunque en el proceso de enseñanza-aprendizaje intervienen tanto alumnos como docentes, éste último es el actor que coordina las estrategias en el aula para promover el desarrollo de habilidades mediante el uso de las herramientas didácticas (Bixio, 2000).

Manual de estrategias enseñanza-aprendizaje.

El manual de herramientas enseñanza-aprendizaje basado en competencias para las materias de programación del Instituto Tecnológico de Orizaba (Díaz, 2014) facilita la identificación de las habilidades del pensamiento, desarrollar las competencias y así como la evaluación de las habilidades desarrolladas que se requieren en las asignaturas de: fundamentos de programación, programación orientada a objetos, estructura de datos y tópicos selectos de programación. En este manual ofrece las siguientes herramientas didácticas: cuadro comparativo, cuadro sinóptico, prácticas de laboratorio, mapa mental, mapa conceptual, trabajo documental, resumen, reporte proyecto de investigación, ensayo y exposición

Metodología

En cuanto al enfoque de la investigación, corresponde a un estudio cuantitativo con un alcance descriptivo según Hernández (2006), el enfoque cuantitativo es un proceso que utiliza la recolección de datos basándose en el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento, a su vez el alcance descriptivo permite especificar las propiedades o características del elemento de estudio.

El estudio realizado se fundamenta en la parte descriptiva que consisten en la recolección de datos para determinar las características que conforman el diseño de las herramientas didácticas, en ésta recolección de datos se recabaron las siguientes características: especificación del objetivo didáctico, congruencia entre el objetivo didáctico con la habilidad a desarrollar, descripción de los conocimientos previos requeridos, criterios de evaluación mediante una rúbrica; por otra parte, en lo referente al enfoque cuantitativo se realizó un análisis estadístico de los datos recabados para poder establecer los patrones de uso de las herramientas didácticas y deducir el nivel de conocimiento y aplicación de ellas por parte de los docentes en las carreras de Ingeniería en Sistemas e Ingeniería en Informática que forman parte de la Academia de Sistemas del Instituto Tecnológico de Orizaba. Cabe señalar que este estudio requiere de tiempo, por lo tanto este análisis se lleva a cabo en dos etapas (semestre enero-junio 2014 y semestre agosto-diciembre 2014) los resultados presentados son parciales pues sólo se considera la primera etapa.

Población y muestra

En el marco de la primera fase de la investigación se han establecido como unidad de análisis a los docentes que imparten las asignaturas de programación en las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería en Informática pertenecientes a la Academia de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Orizaba, no obstante que en el proceso de enseñanza-aprendizaje intervienen tanto alumnos como docentes, éstos últimos son los actores que coordinan las estrategias didácticas para promover el desarrollo de habilidades

mediante el uso de las herramientas didácticas (Bixio, 2000). Ahora bien, en cuanto a la muestra, es no probabilística, puesto que la población a investigar es pequeña y controlable. Así, se encuestaron a los diez profesores que imparten las asignaturas mencionadas y que aplican las herramientas didácticas de enseñanza comprometidos con el mejoramiento de los procesos académicos de los estudiantes y, particularmente, del desarrollo de habilidades en la programación de computadoras.

Características de la muestra

Para hablar del análisis de los datos que se consideraron, en principio, hay que mencionar algunos aspectos relacionados con los sujetos participantes en la investigación. En esa medida, como se ha mencionado, la muestra la constituyen diez profesores, de los cuales tres imparten la materia de Fundamentos de Programación, otros tres cubren la asignatura de Programación Orientada a Objetos y dos la asignatura de Estructura de Datos por último dos profesores imparten la asignatura de Tópicos Selectos de Programación.

Estrategia de recolección de datos e instrumentos

Se consideran en la investigación las fuentes primarias como la información proporcionada por los informantes (docentes). En cuanto a los instrumentos, en este artículo damos cuenta de la información recolectada a partir de la encuesta con escala Likert.

La encuesta se aplicó a los docentes de las asignaturas mencionadas, ésta permite obtener información de forma objetiva, libre de presión de tiempo y. Así mismo se plantean ocho ítems que permiten observar criterios o cualidades de las herramientas didácticas. Por su parte, la escala Likert se implementó para medir la percepción que los profesores que aplican las herramientas didácticas, así como los aspectos que tienen relación con el quehacer docente en las áreas contempladas en la investigación. Por último se contempló un ítem que auxilia en el análisis de como los docentes otorgan prioridad de uso a cada herramienta didáctica de enseñanza.

Resultados y discusión

En cuanto al análisis propiamente dicho, en primer lugar, se procedió a la organización de los datos obtenidos luego de la aplicación de los instrumentos de la investigación (Escala Likert, encuesta). La organización consistió en hacer una codificación de los datos. Estos códigos se establecieron con el fin de facilitar el tratamiento de los datos recogidos y para asegurar el anonimato de los participantes. Así, se han establecido códigos que son generales a la investigación y otros que son específicos a cada uno de los instrumentos aplicados. En cuanto a los generales, se establecieron códigos de las cualidades de los instrumentos didácticos propuestos. A continuación se presenta la codificación de cada uno de los elementos antes señalados:

Tabla 1 Código por pregunta de la encuesta

Código	Pregunta
R-01	Considera que los rasgos incluidos en las herramientas permiten alcanzar los objetivos didácticos porque es clara la relación de lo ya aprendido con los nuevos conocimientos; estimula la reflexión, la capacidad crítica y la creación de nuevas ideas y/o procedimientos/métodos/técnicas para resolver problemas y tareas.
R-02	El contenido es adaptable; se ajusta al conocimiento previo de los alumnos y sus necesidades, se adapta a cada tipo de alumno o nivel de competencia y puede usarse independientemente del método de enseñanza y aprendizaje.
R-03	El uso de las herramientas didácticas podrán ser de utilidad en su labor docente.
R-04	La aplicación de las herramientas le facilitará el proceso de evaluación.
R-05	El diseño está organizado, es claro y conciso, y favorece la comprensión y asimilación de los contenidos. Incluye guía de uso.
R-06	Los rasgos de evaluación de las herramientas didácticos requieren modificación.
R-07	Considera que el uso de las herramientas facilita la evaluación cuantitativa de las actividades de aprendizaje.
R-08	Considera que el uso de las herramientas facilita la evaluación cualitativa de las actividades de aprendizaje.
R-09	Ordene las herramientas en frecuencia de uso.

El ítem auxiliar de la investigación, ayuda a que los profesores den prioridad de uso a cada herramienta propuesta en base a su labor docente, y su codificación se representa de la siguiente forma:

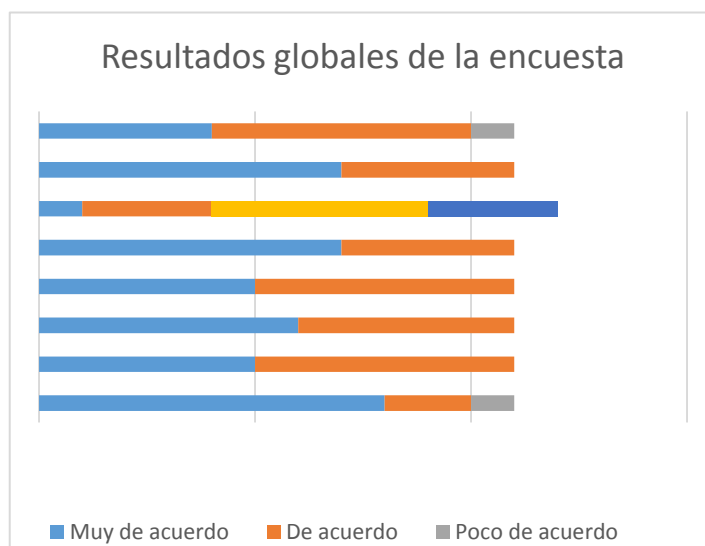
Tabla 2 Código de las herramientas didácticas

Código de herramienta	Herramienta
R-09-A	Cuadro Comparativo
R-09-B	Mapa mental
R-09-C	Trabajo documental
R-09-D	Reporte de investigación
R-09-E	Ensayo
R-09-F	Cuadro sinóptico
R-09-G	Exposición
R-09-H	Práctica de laboratorio
R-09-I	Resumen

Posterior a la organización de los datos y a la codificación de los mismos, se procedió a vaciar la información en la matriz de análisis que se diseñó para cada caso. Así, se diseñaron dos matrices, una para cada herramienta. Estas matrices se diseñaron en formato Excel. Las matrices permitieron, por una parte, agrupar la información en las categorías que se establecieron en la investigación, y, por otra parte, aplicar una serie de fórmulas matemáticas que permitieron obtener los datos estadísticos para realizar el análisis de la información.

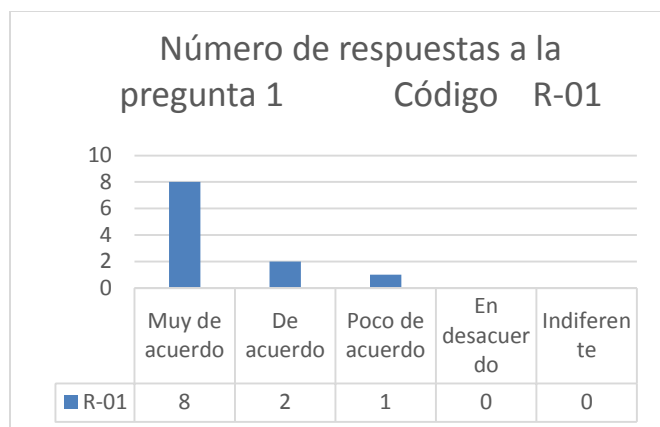
Tabla 3 Resultados globales de la encuesta.

Código por herramienta	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R-09-A	1	2	3	1	1	1	0	1	0
R-09-B	0	2	0	2	4	0	1	0	1
R-09-C	0	1	3	0	0	1	2	2	1
R-09-D	1	1	0	3	1	1	1	2	1
R-09-E	0	0	2	2	0	1	2	1	3
R-09-F	1	3	3	1	3	0	0	0	0
R-09-G	0	0	0	1	1	1	2	2	1
R-09-H	8	0	1	1	1	0	0	0	0
R-09-I	0	2	1	0	0	3	1	1	1

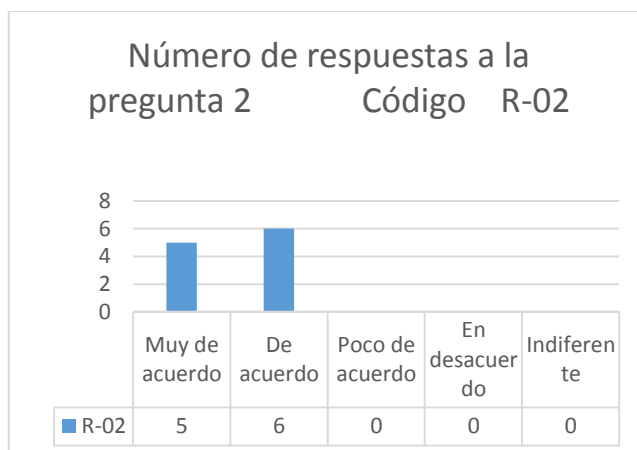


Gráfica 1. Análisis estadístico de los resultados globales de la encuesta aplicada a los maestros que imparten las materias de programación.

El gráfico anterior muestra el comportamiento general de las respuestas de la encuesta, se puede observar que la tendencia a las respuestas es "Muy de acuerdo", es decir los docentes utilizan las herramientas para orientar al estudiante y alcanzar objetivos didácticos.



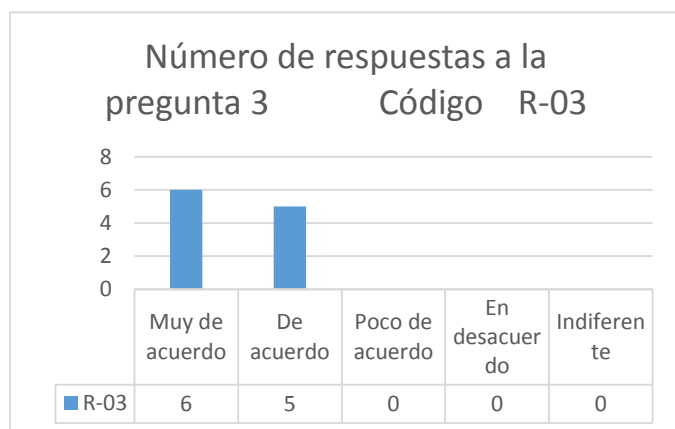
Gráfica 2. Análisis estadístico de las respuestas a la pregunta del código R-01.



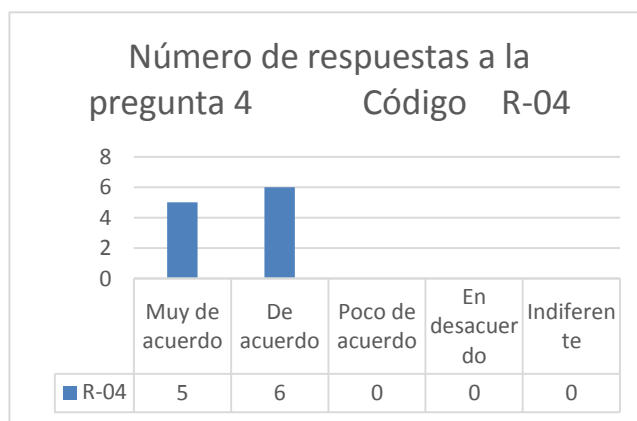
Gráfica 3. Análisis estadístico de las respuestas a la pregunta del código R-02.

El gráfico 2 muestra el comportamiento de las respuestas de la encuesta, se puede observar que la tendencia a la respuesta con código R-01 es “Muy de acuerdo”, esto quiere decir que los docentes consideran que los rasgos incluidos en las herramientas permiten alcanzar los objetivos didácticos porque es clara la relación de lo ya aprendido con los nuevos conocimientos; estimula la reflexión, la capacidad crítica y la creación de nuevas ideas y/o procedimientos/métodos/técnicas para resolver problemas y tareas.

Mientras que el gráfico 3 muestra el comportamiento de las respuestas de la encuesta, se puede observar que la tendencia a la respuesta con código R-02 es “Muy de acuerdo” y “De acuerdo”, esto quiere decir que los docentes consideran que el contenido de las herramientas didácticas es adaptable; se ajusta al conocimiento previo de los alumnos y sus necesidades, se adapta a cada tipo de alumno o nivel de competencia y puede usarse independientemente del método de enseñanza-aprendizaje.



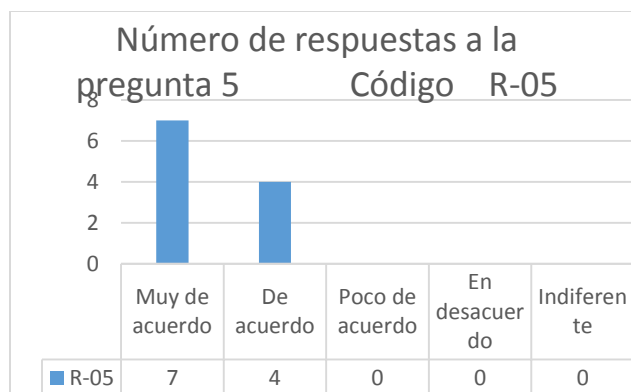
Gráfica 4. Análisis estadístico de las respuestas a la pregunta del código R-03.



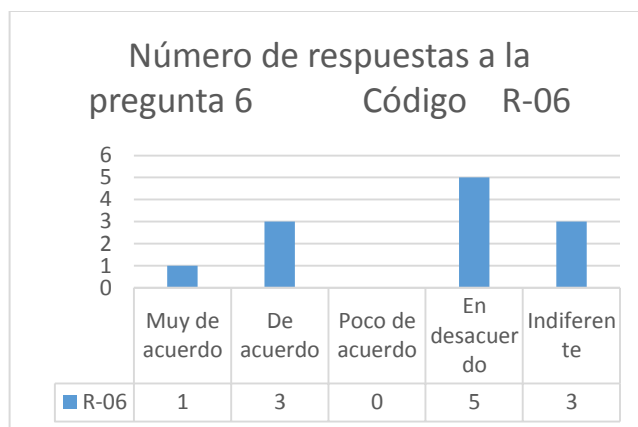
Gráfica 5. Análisis estadístico de las respuestas a la pregunta del código R-04.

El gráfico 4 muestra el comportamiento de las respuestas de la encuesta, se puede observar que la tendencia a la respuesta con código R-03 es “Muy de acuerdo” y “De acuerdo”, esto quiere decir que los docentes consideran que el uso de las herramientas didácticas podrán ser de utilidad en su labor docente.

De tal forma, el gráfico 5 anterior muestra el comportamiento de las respuestas de la encuesta, se puede observar que la tendencia a la respuesta con código R-04 es “Muy de acuerdo” y “De acuerdo”, esto quiere decir que la aplicación de las herramientas didácticas le facilitará el proceso de evaluación.



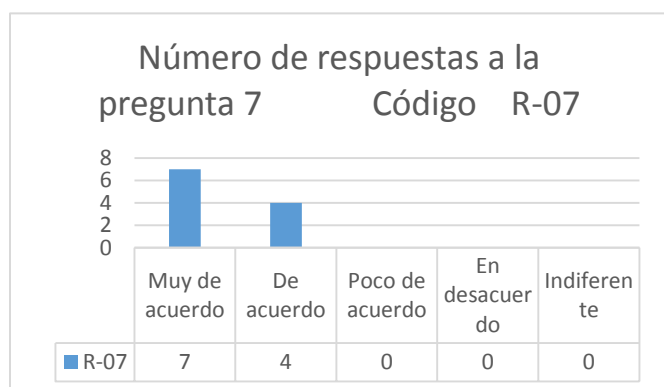
Gráfica 6. Análisis estadístico de las respuestas a la pregunta del código R-05.



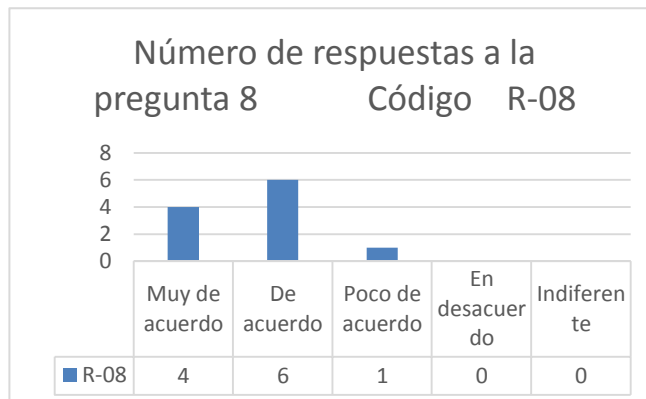
Gráfica 7. Análisis estadístico de las respuestas a la pregunta del código R-06.

El gráfico 6 muestra el comportamiento de las respuestas de la encuesta, se puede observar que la tendencia a la respuesta con código R-05 es “Muy de acuerdo” y “De acuerdo”, esto quiere decir el diseño está organizado, es claro y conciso, y favorece la comprensión y asimilación de los contenidos. Incluye guía de uso.

Así mismo, el gráfico 7 muestra el comportamiento de las respuestas de la encuesta, se puede observar que la tendencia a la respuesta con código R-06 es “En desacuerdo”, esto quiere decir que los rasgos de evaluación de las herramientas didácticas no requieren modificación.



Gráfica 8. Análisis estadístico de las respuestas a la pregunta del código R-07.



Gráfica 9. Análisis estadístico de las respuestas a la pregunta del código R-08.

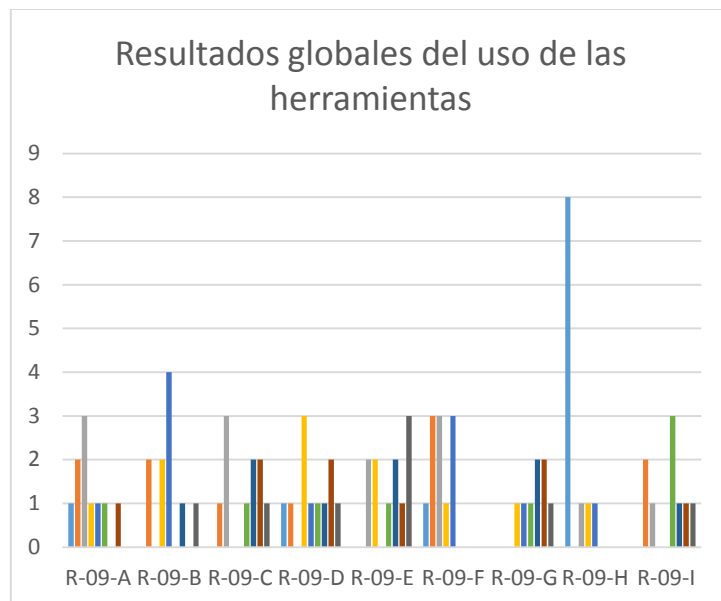
El gráfico 8 muestra el comportamiento de las respuestas de la encuesta, se puede observar que la tendencia a la respuesta con código R-07 es “Muy de acuerdo” y “De acuerdo” esto quiere decir que el docente considera que el uso de las herramientas didácticas facilita la evaluación cuantitativa de las actividades de aprendizaje.

Por último, el gráfico 8 muestra el comportamiento de las respuestas de la encuesta, se puede observar que la tendencia a la respuesta con código R-08 es “Muy de acuerdo” y “De acuerdo” esto quiere decir que el docente considera que el uso de las herramientas didácticas facilita la evaluación cualitativa de las actividades de aprendizaje.

A continuación se tabula el uso de los instrumentos por docente, ordenados por frecuencia de uso.

Tabla 5 prioridad de las herramientas didácticas.

Prioridad de las herramientas										Valor la herramienta
Código de la herramienta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
R-09-A	1	2	3	1	1	1	0	1	0	3
R-09-B	0	2	0	2	4	0	1	0	1	4
R-09-C	0	1	3	0	0	1	2	2	1	3
R-09-D	1	1	0	3	1	1	1	2	1	3
R-09-E	0	0	2	2	0	1	2	1	3	3
R-09-F	1	3	3	1	3	0	0	0	0	3
R-09-G	0	0	0	1	1	1	2	2	1	2
R-09-H	8	0	1	1	1	0	0	0	0	8
R-09-I	0	2	1	0	0	3	1	1	1	3



Gráfica 10. Análisis estadístico de los resultados globales del uso de las herramientas didácticas por docente.

Se puede observar que en **primer lugar** la herramienta utilizada por los docentes que imparten las materias de programación es el R-09-H práctica de laboratorio, en **segundo lugar** el R-09-B mapa mental, en **tercer lugar** se encuentran las herramientas R-09-D reporte de investigación, R-09-E ensayo, R-09-A cuadro Comparativo, R-09-C trabajo documental, R-09-D reporte de investigación, R-09-E ensayo, R-09-F cuadro sinóptico y R-09-I resumen y en **cuarto lugar** la herramienta R-09-G exposición.

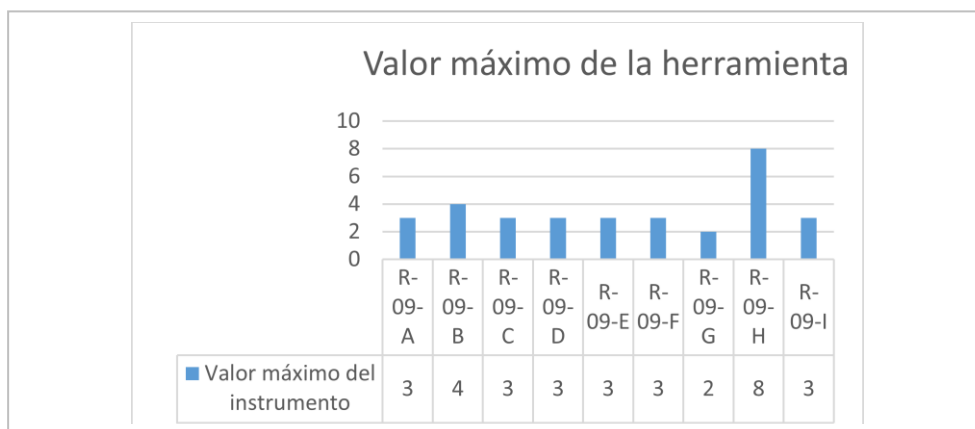
Tabla 6 Resumen prioridad de las herramientas.

Código de la herramienta	Valor máximo de la herramienta
R-09-A	3
R-09-B	4
R-09-C	3
R-09-D	3
R-09-E	3
R-09-F	3
R-09-G	2
R-09-H	8
R-09-I	3

Para poder realizar un mejor análisis de la tabla 6 se coloca la información de los códigos de cada herramienta (tabla 2).

Código de la herramienta	Herramienta
R-09-A	Cuadro Comparativo
R-09-B	Mapa mental
R-09-C	Trabajo documental
R-09-D	Reporte de investigación
R-09-E	Ensayo
R-09-F	Cuadro sinóptico
R-09-G	Exposición
R-09-H	Práctica de laboratorio
R-09-I	Resumen

Para una mejor comprensión se incluye la gráfica 11 que apunta a establecer la valoración de las herramientas didácticas implementadas y la prioridad de las mismas establecidas por los docentes que imparten las materias de programación en el Departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Orizaba.



Gráfica 11. Análisis estadístico del valor máximo de la herramienta.

Trabajo a futuro

Finalmente, el reto es llevar cabo una etapa en la cual se analice la efectividad de las herramientas didácticas en las asignaturas de fundamentos de programación, programación orientada a objetos, estructura de datos y tópicos selectos de programación.

Conclusiones

En base al análisis estadístico se puede concluir que los maestros encuestados que imparten las asignaturas del área de programación de las carreras de Ingeniería en Sistemas e Ingeniería en Informática pertenecientes a la Academia de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Orizaba han adoptado las herramientas didácticas proporcionadas por el Manual mencionado en esta investigación, como un apoyo a su labor docente, sobre todo en las actividades que permiten ejercitar las habilidades lógicas del pensamiento en la resolución de problemas mediante una computadora, ya que las herramientas didácticas expresan claramente los criterios a considerar en cada habilidad a desarrollar y/o reforzar, además se ha detectado que la estructuración de la herramienta denominada: **práctica de laboratorio**, es la que se utiliza frecuentemente pues facilita el desarrollo de habilidades en la programación de computadoras.

Otro aspecto que se pudo deducir es que los docentes encuestados conocen la estructura de las herramientas didácticas y están conscientes en que dimensión del conocimiento (UNESCO, 2005) se pueden aplicar, a su vez consideran que no se requiere realizar modificaciones a la estructura de la herramientas didácticas, por lo tanto estas herramientas se han adoptado como un recurso didáctico en su quehacer diario.

En un sentido más amplio se puede afirmar el objeto de estudio ha establecido una forma de trabajo en la didáctica del área de programación.

Referencias

1. Álvarez Cáceres R. El método científico en las ciencias de la salud. 1996.
2. Alvira Martín F. Perspectiva cualitativa / perspectiva cuantitativa en la metodología sociológica. Mc Graw Hill. Mexico DF. 2002.
3. Bixio, Cecilia. Las estrategias didácticas y el proceso de mediación. Enseñar a aprender. Homo Sapiens Ediciones. Rosario. Santa Fe. 2000.
4. Díaz, V. Mendoza, et al. Manual de herramientas de enseñanza-aprendizaje basado en competencias para las materias de programación, Depto. De Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Orizaba, 2013.
5. Hernández Roberto. Metodología de la investigación cuarta edición, McGraw-Hill, México, DF. 2006.
6. Solé, Isabel. Estrategias de lectura, Editorial Graó. 2011.
7. Runge, A. Aspectos fundamentales de la pedagogía crítico constructiva y de la didáctica teórico-formativa de Wolfgang Klafki, Bogotá, 2007
8. UNESCO (2005): EFA Global Monitoring Report. UNESCO, Paris pp. 30-37, http://www.unesco.org/education/gmr_download/chapter1.pdf

Análisis del impacto formativo mediante el desarrollo de proyectos aplicados en la materia Seis Sigma

Laura Martínez Hernández^{1*}, David Meza Rojo², Aurora del Pilar Fuentes García³
¹ Docente del Instituto Tecnológico de Orizaba, Departamento de Ingeniería Industrial,

Ave. Oriente 9 No. 852. C.P. 94320, Orizaba, Ver.

lau_mtz@yahoo.com.mx

² Docente de la Universidad del Golfo de México, Rectoría Sur Campus Córdoba,
Calle 22 No. 1502. Fracc. Nuevo Córdoba, C.P. Córdoba, Ver.

davidmezarajo@hotmail.com

³ Docente del Instituto Tecnológico de Orizaba, Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial,
Ave. Oriente 9 No. 852. C.P. 94320, Orizaba, Ver.

aupifuentesg@hotmail.com

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

Seis Sigma es una metodología basada en la aplicación de diversas herramientas estadísticas y administrativas que permite construir y mantener el rendimiento, el éxito y la posición líder de una empresa. Seis sigma significa mejorar procesos por medio de resolver problemas y es posible aplicarla en cualquier área de la empresa: tanto en procesos operativos como en procesos transaccionales. Los proyectos Seis Sigma se desarrollan mediante cinco etapas que forman el DMAIC: Define, Measure, Analyse, Improve y Control, por sus siglas en inglés. Aunque pudiera pensarse que es una metodología que sólo es posible aplicar a empresas de gran tamaño, en las micro también hay procesos que pueden ser mejorados trayendo consigo buenos resultados para la empresa, tal como se observó en los proyectos desarrollados en la materia de Seis Sigma en algunas empresas de la región. Lo relevante de esta investigación fue conocer el impacto que tuvo en los futuros profesionistas, la realización de la materia mediante la aplicación del DMAIC a proyectos reales.

Palabras clave: Seis Sigma, Proyectos, Impacto

Abstract

Six Sigma is a methodology based on the application of various statistical and administrative tools that lets you build and maintain the performance, the success and position as the leader of a company. Six sigma means improving processes by means of solving problems and it may be applied in any area of the business: both in operational processes, such as in transactional processes. The Six Sigma projects develop through five stages that make up the DMAIC: Define, Measure, Analyse, Improve and Control, for its acronym in english. While it might be thought that it is a methodology which is only possible to apply to large enterprises, there is also the micro processes that can be improved bringing good results for the company, as noted in the projects developed in the field of Six Sigma in some companies in the region. It is relevant to this research was to know the impact it had on the future professionals, the realization of matter through the application of the DMAIC on to real projects.

Introducción

La formación profesional actual de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial en el IT Orizaba busca impulsar en ellos las habilidades gerenciales, de tal forma que cuando se desempeñen en posiciones de mandos medios y altos, sean capaces de desenvolverse eficazmente, a fin de optimizar los recursos que administren y sean capaces de lograr los objetivos de la empresa.

Como parte del módulo de especialidad de Manufactura, se imparte la materia de Seis Sigma, llamada igual que la metodología que ahí se estudia. El objetivo es la reducción de la variabilidad en los procesos, mediante la aplicación de diversas herramientas estadísticas y de calidad que lleven a la mejora de productos y/o servicios.

Considerando que la materia es de especialidad y que los estudiantes se encuentran en su último semestre, se buscó medir el impacto en ellos, en cuanto a las competencias desarrolladas por cursar la materia mediante la realización de proyectos reales, en los cuales no sólo aplicarían la metodología de Seis Sigma, sino que integrarían lo que han visto y estudiado a lo largo de su carrera.

Así mismo, se buscó conocer las herramientas que utilizaron en sus proyectos, así como permitir servir de apoyo en la modificación del plan de estudios de la materia dentro de la actualización curricular inmediata.

Metodología

Considerando que la metodología de Seis Sigma es práctica y para aprenderse debe aplicarse, se buscaron microempresas de la región donde los estudiantes pudieran aplicar el DMAIC, a fin de complementar lo visto a lo largo de su carrera en un problema real que les presentara un reto en cuanto a la aplicación de las herramientas en las que se han formado.

La intención de la materia fue desarrollar proyectos que permitieran ir viendo y aplicando, fase por fase, el DMAIC.

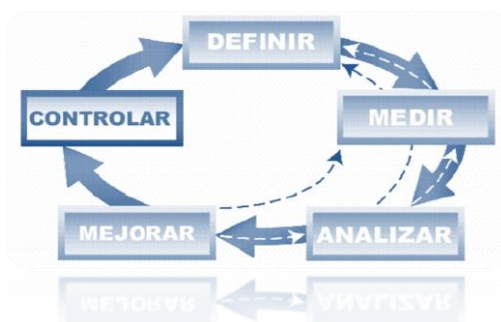


Figura 1. Metodología DMAIC

El DMAIC se aplicó a siete empresas de la región, las cuales por razón de confidencialidad no se presenta su nombre:

- Purificadora de agua (2)
- Transporte de carga
- Autobuses de la región
- Comercializadora de equipos de limpieza
- Elaboración de bolis
- Panificadora

Cabe destacar que los proyectos fueron desarrollados por equipo, a fin de fortalecer la competencia correspondiente, así como simular el equipo que se forma dentro de los proyectos seis sigma.

Al terminar el curso, el cual se imparte de forma teórica y mediante asesorías para la aplicación del DMAIC en las empresas, se evaluaron los resultados obtenidos en varios rubros, con la finalidad de medir el grado de impacto del desarrollo del proyecto en los futuros ingenieros industriales.

Se aplicó un instrumento de medición tipo encuesta, con 17 preguntas mediante las cuales se buscó medir el grado de aplicación de lo visto en la carrera, el grado de conocimiento al inicio y al final de la materia, el grado de comprensión de cada fase, las herramientas de ingeniería industrial que aplicaron en el proyecto, entre otras.

Una vez que los proyectos fueron terminados y cerrados al concluir las 5 fases del DMAIC, se pidió a los 36 estudiantes de 8vo. Semestre que cursaron la materia, que respondieran la encuesta.

Resultados y discusión

En cuanto al grado en que aplicaron todo lo que han visto en las aulas en el desarrollo del proyecto: De 36 estudiantes, 25 de ellos consideran que el grado de aplicación de lo visto en las aulas al desarrollar su proyecto fue **Alto**. Es decir, el 70% de los estudiantes tuvieron un grado Alto de aplicación de la teoría en el proyecto.



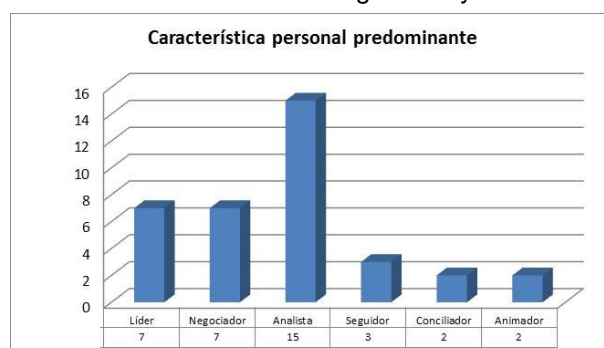
Gráfica 1. Grado de aplicación de lo visto en aulas

Con respecto a la participación de cada estudiante en el desarrollo del proyecto: 24 estudiantes tuvieron una participación **Activa** en el desarrollo del proyecto. Es decir, el 67% de los estudiantes fueron activos, el 30% tuvieron una postura neutral y sólo el 3%, representado por un estudiante, tuvo una participación pasiva.



Gráfica 2. Participación en el proyecto

Al observar el comportamiento personal, la característica que predominó más en cada estudiante fue: El comportamiento predominante en el grupo fue ser **Analistas**, 15 de los 26 estudiantes tuvieron ese rol. Existieron 7 líderes y 7 negociadores, 3 seguidores, 2 conciliadores y 2 animadores. Es de esperarse que la característica predominante fuese Analista dado el área de ingeniería y la metodología empleada.



Gráfica 3. Característica personal predominante

Con respecto a los proyectos: En la Figura 2 se muestran los giros de las empresas, así como el nivel sigma inicial y el final.

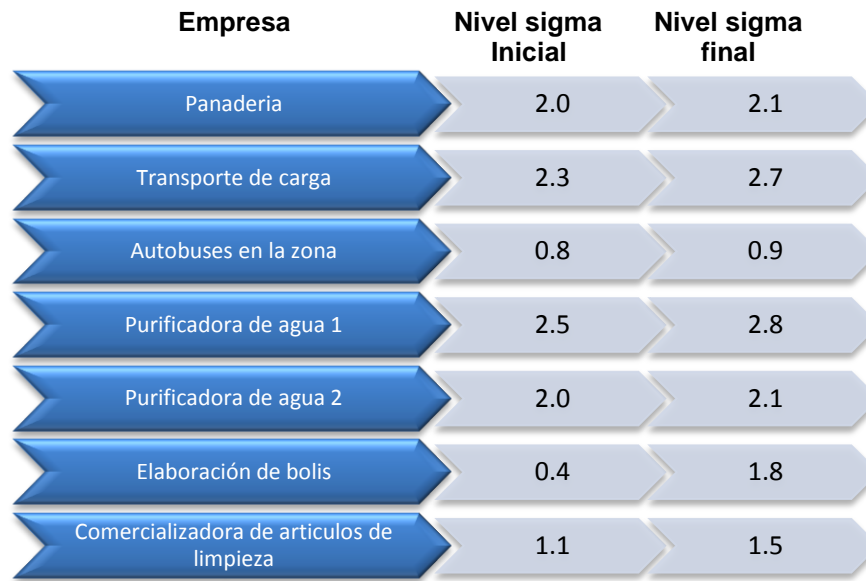
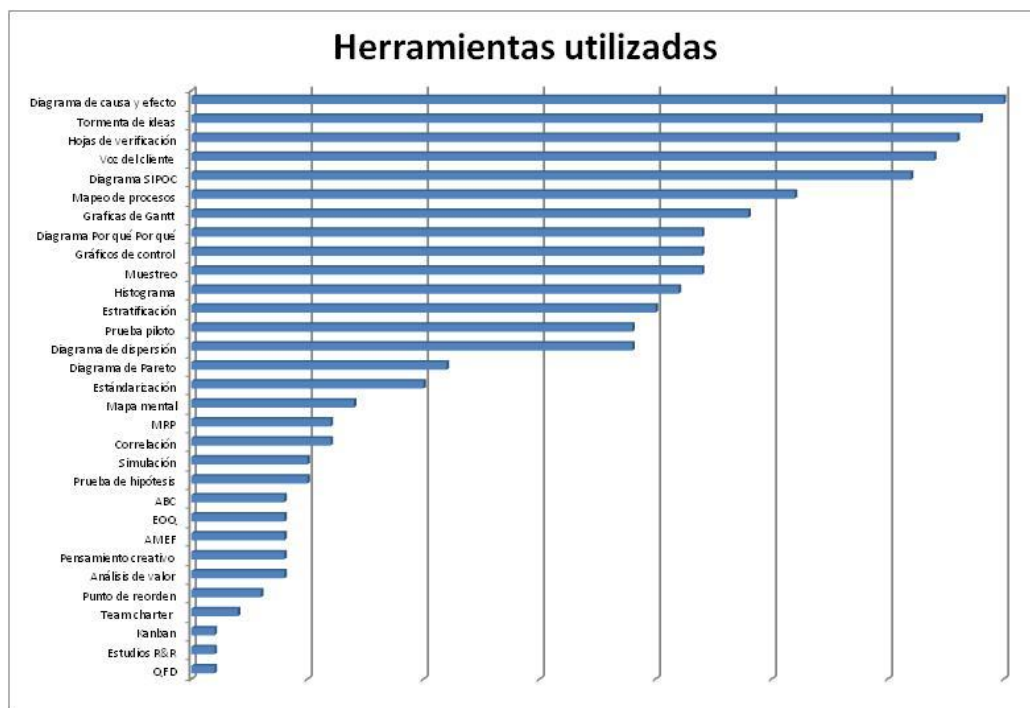


Figura 2. Empresas, nivel sigma inicial y nivel sigma final

En cuanto a las herramientas de Ingeniería Industrial que aplicaron en el desarrollo del proyecto:

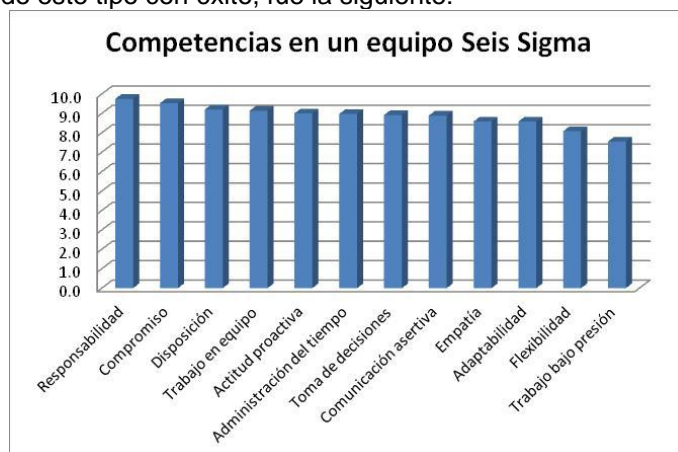


Gráfica 4. Herramientas utilizadas en el proyecto

Con respecto a la calificación asignada al conocimiento que tenían sobre la metodología Seis Sigma al inicio de la materia, usando una escala del 1 al 10, donde 1 es la calificación más baja y 10 la calificación más alta, se tuvo que el promedio de los 36 estudiantes fue una calificación de 3.8, lo que refleja que los conocimientos que tenían al inicio del curso eran muy sencillos y sólo habían oído hablar de la metodología pero no sabían a ciencia cierta de que trataba ni cómo aplicarla.

Por otro lado, la calificación que asignada al conocimiento que tenían sobre la metodología Seis Sigma al final de la materia, usando una escala del 1 al 10, donde 1 es la calificación más baja y 10 la calificación más alta fue: **8.7**, y de acuerdo a los comentarios del grupo bajo estudio, consideran que el desarrollo del proyecto les permitió aprender no sólo de manera teórica, sino que pudieron aplicar DMAIC a un caso real.

Con base en la experiencia personal, la calificación asignada a cada punto dependiendo de qué tan importante es para lograr un proyecto de este tipo con éxito, fue la siguiente:



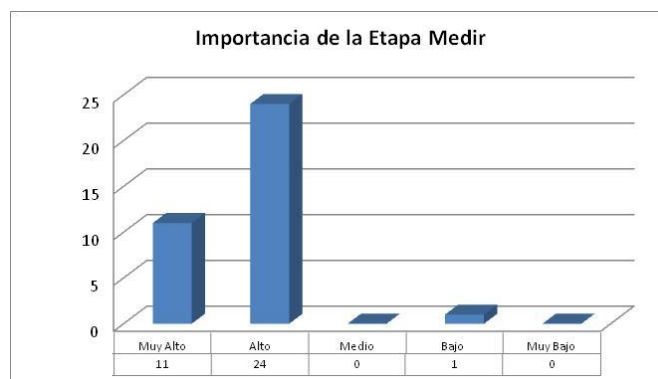
Gráfica 5. Competencias necesarias en un equipo de trabajo de Seis Sigma

El grado en que los estudiantes comprendieron la importancia de definir correctamente un problema, plantear el objetivo y las metas mediante la realización del proyecto fue: **Alto**



Gráfica 6. Grado de importancia de la Etapa Definir

El grado en que comprendieron la importancia de medir un proceso, fue: **Alto**



Gráfica 7. Grado de importancia de la Etapa Medir

El grado en que comprendieron la importancia de analizar un proceso y encontrar la causa raíz del mismo, fue: **Muy Alto**



Gráfica 8. Grado de importancia de la Etapa Analizar

El grado de comprensión de la importancia de proponer mejoras a un proceso e implementarlas en prueba piloto fue: **Alto**



Gráfica 9. Grado de importancia de la Etapa Mejorar

El grado en que comprendieron la importancia de controlar un proceso fue: **Alto**



Gráfica 10. Grado de importancia de la Etapa Controlar

Con lo que respecta al grado en el cual obtuvieron seguridad en sí mismos y en el conocimiento que tienen para poder resolver problemas reales, la calificación promedio del grupo de estudio fue de **8.1**. En cuanto al grado de satisfacción personal al haber realizado el proyecto, la calificación promedio obtenida fue de **8.8** y al ver el

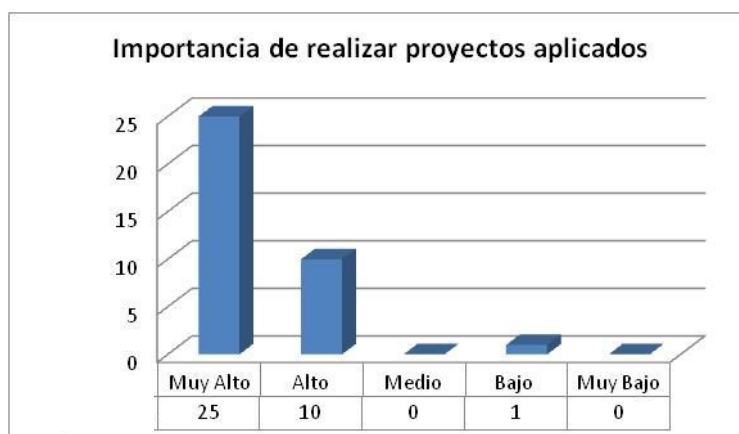
proyecto terminado, la calificación le otorgan, en promedio, dependiendo del desempeño de sus equipos y los resultados obtenidos fue de **8.6**

En cuanto al grado en que consideran que aplicaron lo que han visto a lo largo de su carrera, los resultados obtenidos muestran que éste fue **Alto**.



Gráfica 11. Grado de aplicación de los conocimientos obtenidos en la carrera.

Por último, los estudiantes consideran que el grado de importancia de cursar la materia de Seis Sigma mediante el desarrollo de un proyecto real, es **Muy Alto**, el 69% de los estudiantes, así lo considera, ya que les permitió poner en práctica no solo los conocimientos adquiridos en el aula, sino también las aptitudes y competencias que han desarrollado.



Gráfica 12. Importancia de realizar proyectos aplicados

Trabajo a futuro

Una vez que se ha medido el impacto que tiene el desarrollo de la materia bajo el esquema de clases teóricas para exponer los temas, pero principalmente la realización de un proyecto real en una empresa, se pretende mejorar la forma de impartir la materia, considerando las observaciones y comentarios del grupo en estudio; de forma tal que se fortalezcan las competencias específicas propias de un Ingeniero Industrial. Es decir, formar equipos más pequeños, buscar la realización de convenios con diversas empresas que se comprometan a recibir estudiantes para el desarrollo de este tipo de proyectos, realizar la explicación de la metodología por completo al inicio del curso y dejar más tiempo para asesorías sobre cada proyecto en particular, así como invitar a green belts para que compartan su experiencia y consejos con los futuros profesionistas.

El reto es lograr que la materia se imparta no solo para el módulo de Manufactura, sino que también puedan tomarlo los estudiantes del módulo de especialidad en Calidad, lo cual se exponga y sustente en la revisión

curricular que se hará en el mes de Agosto, a fin de fortalecer la asignatura y mejorar el perfil de nuestros egresados mediante el desarrollo de competencias que lo hagan ser un mejor Ingeniero Industrial.

Conclusiones

Es de gran importancia conocer el impacto que tiene la forma de desarrollar e impartir las materias de los módulos de especialidad, a fin de hacer uso de la mejora continua y realizar ajustes, cambios y modificaciones a la enseñanza de asignaturas tales como Seis Sigma.

Mediante el desarrollo de esta investigación, se logró comprobar que el impacto que tienen los proyectos de aplicación es muy alto, porque permiten que los estudiantes pongan en práctica todo lo que han visto y aprendido de manera teórica a lo largo de su carrera y además tengan que visualizar todo de forma global e integral. Aprenden a ver la relación que guardan las materias cursadas como un todo, no aisladas e independientes, sino interrelacionadas. Así mismo, experimentan y valoran el trabajo en equipo no sólo entre ellos, sino con la empresa en la que trabajaron.

Con los resultados obtenidos, se mejorará la forma de impartir la materia, así como la realización de los proyectos a fin de que sean apoyo y guía para los retos a los que se enfrentarán nuestros egresados.

Referencias

1. Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Carlos, Bautista Lucio Pilar. "Fundamentos de metodología de la investigación", Ed. Mc. Graw Hill, México 2006
2. Kume, Hitoshi. "Herramientas estadísticas para el mejoramiento de la calidad", Grupo Editorial Norma, 1985
3. Peter S. Pande, Robert P. Neuman y Roland R. Cavanagh, 2002
4. Las claves de seis sigma. Peter S. Pande, 2004
5. Las claves prácticas de Seis Sigma: una guía dirigida a los equipos de mejora de procesos. Peter S. Pande, 2002
6. Qué es Seis Sigma. Humberto Gutierrez Pulido, 2004
7. Control estadístico de calidad y Seis Sigma. Sergio M. Nava Muñoz y Carlos A. Carballo M, 2007
8. Aplicación de Seis Sigma en servicios, III Simposio Metodología Seis Sigma. Gustavo Gutierrez Garza, 2004, Aterrizando Seis Sigma: del concepto a la práctica.

DESARROLLO DE SOFTWARE EDUCATIVO COMO RECURSO DIDÁCTICO DE APRENDIZAJE DE LA LÓGICA MATEMÁTICA.

E. Osorio Barradas^{1*}, E. Rosario Ruíz², L. L. Mendoza Cruz³, Miguel Angel Bonilla Barojas⁴ and Alejandro Rodríguez Larracilla⁵,
1Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 852 Col. Emiliano Zapata Orizaba, Veracruz
*barradas.coloquio@gmail.com

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

El propósito de esta investigación es lograr el conocimiento mediante la aplicación de un software educativo como instrumento didáctico, que tiene la finalidad de ser una guía práctica para el docente y un medio para generar y reafirmar los conocimientos del alumno adquiridos en el aula. Está dirigido hacia el razonamiento de los contenidos y a la construcción del conocimiento en la unidad de Lógica Matemática, ofreciendo la posibilidad de estudiar de manera autodidacta a los estudiantes del primer semestre en el Instituto Tecnológico de Orizaba.

La presente investigación centra su interés en la adquisición del conocimiento a través de un software educativo que sirva de guía, aunque cada maestro imprima un modo muy particular de exponer, transmitir, enseñar y evaluar, etc., sin embargo, sin importar el maestro que imparta la cátedra tengan los mismos conocimientos que les servirán de base para asignaturas en grados posteriores.

Palabras clave: Software, educativo, guía, autodidacta

Abstract

The purpose of this research is to achieve knowledge by applying a courseware as a teaching instrument, which is intended to be a practical guide for teachers and a means to generate and to reaffirm the student knowledge acquired in the classroom. It is directed towards the content and reasoning to the construction of knowledge in the unit of mathematical logic, offering the possibility of studying self-taught students of the first half at the Institute Technologic de Orizaba. This research focused on the acquisition of knowledge through educational software that will serve as guide, although each master print a very particular way of expose, transmit, teach and evaluate, etc., however, regardless of the teacher who imparts the Chair have the same knowledge that will serve them base for subjects in later grades.

Introducción

La lógica proposicional es una de las piezas fundamentales de la Inteligencia Artificial, ya que para realizar los cambios necesarios para la evolución de esta ciencia, se precisa de un lenguaje formal para representar los hechos que se reciben del mundo real y el uso de las proposiciones. El utilizar proposiciones es una señal que encaja en forma perfecta en este ámbito. Es un modo sencillo y práctico de resolver un problema, considerando que se puede resolver disgregando el problema en proposiciones u oraciones sencillas que permitan analizar los hechos y tomar decisiones, es decir, crear nuevas proposiciones u oraciones sencillas o compuestas

Este proyecto busca contribuir a la cuantificación y modernización de nuestro aparato escolar diseñando nuevos modelos de enseñanza apoyados en tecnología informática. Si concebimos e introducimos en las escuelas, modelos didácticos en la que se apropien las nuevas formas de conocer, aprender investigar, consultar e intercambiar información que han hecho posible las nuevas tecnologías, nuestra educación podrá participar más activa y eficazmente en la construcción de una sociedad futura más prospera, pacífica y ecuánime.

Metodología

Aspectos Metodológicos de la Investigación

Tipo de Diseño a Emplear en la Investigación

En relación con el diseño, la investigación es de carácter no experimental puesto que no se realiza manipulación alguna de las variables, sino que se estudiaron tal y como se dan en su contexto natural y por lo tanto no requiere de un establecimiento de hipótesis. Debido a que solo se establece la importancia de una clase homogénea para la gestión del conocimiento dado en un tiempo determinado, siendo la investigación predominantemente descriptiva.

Metodología de la Investigación

La metodología utilizada en la realización del estudio de la gestión del conocimiento en el Instituto Tecnológico de Orizaba, Ver., es la siguiente:

- ❖ Análisis del nivel de conocimientos que tienen los alumnos adquiridos a través de una cátedra tradicional.
- ❖ A partir de los análisis anteriores, diseño y adaptación del software educativo como recurso didáctico.
- ❖ Diseño de un instrumento (cuestionario) que permita recopilar información sobre las variables y su frecuencia, para efectos de esta investigación.
- ❖ Aplicación del cuestionario para la recopilación de la información de interés.
- ❖ Análisis de los resultados obtenidos.

Tipo de Investigación

El estudio es de tipo exploratorio descriptivo, por medio del cual se pretende identificar las causas que determinan el bajo desempeño de los estudiantes, así como la identificación de los factores que repercuten negativamente en su proceso de aprendizaje, resaltando la importancia de la homogenización de la clase como elemento indispensable para la gestión del conocimiento significativo.

Operacionalización de Variables.

Tal y como se explico en el planteamiento del problema, fueron seleccionados dos valores importantes para los fines de este estudio, considerando cada valor en una variable, con el propósito de poder determinar los indicadores para cada una. Las variables son los valores que precisa el diagnostico, siendo conocimiento y la didáctica, donde se encuentran implícitos, la gestión del conocimiento, y homogenización de la cátedra.

Población y Muestra

Siendo imperante el eficiente aprendizaje en la unidad de la Lógica Matemática en la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales, ya que es el soporte de las asignaturas posteriores para cada caso; surge la inquietud de realizar el caso práctico de esta investigación en el Instituto Tecnológico de Orizaba.

Cuando se pretende realizar un estudio como es el Desarrollo de Software como recurso didáctico de aprendizaje lo ideal sería obtener la opinión de cada uno de los alumnos que enfrentan la problemática y que al mismo tiempo son influidos por la misma.

Así que teniendo en cuenta que son un total de 92 alumnos, se decide tomar la población total como la muestra a analizar, considerando a los que cursan el primer semestre de Ingeniería en Sistemas computacionales, en la que se ofrece la asignatura de matemáticas Discretas que incluye la unidad de Lógica Matemática, en el periodo en el cual se lleva a cabo la investigación. Dada la problemática de la fragmentación del conocimiento, surge la necesidad de la homogenización de la cátedra como instrumento de la gestión del conocimiento

El presente estudio se realizó en el Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz, durante el periodo enero-junio-2015 del primer nivel en la asignatura de Matemáticas Discretas de la unidad V, que corresponde a la Lógica Matemática.

Resultados y discusión

Diseño del Cuestionario

Se diseña un instrumento cuestionario para poder obtener la información referida sobre el uso y manejo del Tutorial, siendo de principal interés el conocer el punto de vista de los alumnos que cursan la unidad de Lógica Matemática sobre el Tutorial diseñado.

Por tanto dos son las variables contempladas en este cuestionario de diagnostico, el conocimiento y la didáctica. El cuestionario consta de 15 preguntas de opción múltiple, de tipo nominal, a saber:

1. Totalmente en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. Algunas veces
4. De acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

Se aplica la prueba de alpha de cronbach para verificar la confiabilidad y validez del instrumento cuestionario.

Adaptación y Aplicación del Cuestionario – Prueba Piloto

El cuestionario se aplica a un grupo del área de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el cual se realiza el diagnostico, con la propuesta de varias respuestas alternativas, para que el alumno examinado, después de reflexionar en la pregunta, seleccione aquella que represente la situación actual. Esta prueba se realiza con el fin de identificar las imprecisiones o incomprensión que se pudiera tener en las preguntas formuladas. Después de la ejecución y el análisis de la información de esa prueba piloto, no se realizaron ajustes ni cambios.

Se establece la matriz de congruencia de las variables, dimensiones, indicadores, amplitud de índice y preguntas del cuestionario que fue aplicado a la población total de alumnos del área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Orizaba.

De esta manera la variable conocimiento ha sido incluida en esta investigación, definida a sus efectos como el aprendizaje fácil y rápido, en la mejor comprensión de un tema, dándose por consiguiente una gestión del mismo.

Confiabilidad y Validez del Cuestionario

Aunque el objetivo principal de este trabajo de investigación es el de crear un instrumento didáctico y no la elaboración de un instrumento de medición, fue diseñado un instrumento cuestionario utilizado en los estudiantes que previamente hubieran manejado el tutorial.

Los datos recogidos fueron sometidos a la prueba de Alpha de Cronbach, arrojando esta última un valor de 0.98, lo que habla de una alta confiabilidad de los datos analizados.

DIAGNÓSTICO DEL TUTORIAL

Este Diagnóstico se lleva a cabo a través de la aplicación del cuestionario diseñado para el análisis del Software Educativo creado en esta investigación a la población total de los estudiantes del primer semestre de la Ing. En Sistemas Computacionales que cursan la unidad de Lógica Matemática

Conclusiones

Las conclusiones llevan a responder algunos de los cuestionamientos, además de reflexionar sobre los aspectos estudiados y evaluados del Tutorial en relación a los resultados.

La gestión del conocimiento de acuerdo con el análisis e interpretación de resultados del cuestionario que se aplicó para diagnosticar al Software Educativo, es posible a través de esta herramienta didáctica diseñada en este trabajo, ya que a criterio de los estudiantes que experimentaron dicho Software Educativo, obtuvieron un aprendizaje más rápido y fácil a diferencia de la enseñanza tradicional, en el tema de la Lógica Matemática. Generando conocimiento que en contraste con los libros de texto y las explicaciones por parte del catedrático no se logran.

En cuanto a la didáctica empleada en el diseño del Software, este maneja herramientas adecuadas, con efectos auxiliares en el uso del mismo, tales como sonido y movimiento, los cuales fueron percibidos por los alumnos proporcionando un apoyo en el aprendizaje del estudiante.

Con respecto a estos efectos auxiliares, se consideró a criterio del estudiante adecuado y no como un elemento que obstaculizará el aprendizaje, de igual manera los movimientos se juzgaron propios y suficientes en el material didáctico.

RESPECTO A LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Una vez elaborado el análisis de resultados se está e condiciones de dar respuesta a las preguntas que originaron a este trabajo de investigación, las cuales sirvieron de guía para efectos de la misma.

¿Un Software Educativo como instrumento didáctico puede generar conocimientos, que a diferencia de los libros de texto y explicaciones por parte del catedrático no se logran?

Sí, el instrumento didáctico genera un conocimiento que a diferencia de los métodos tradicionales enseñanza – aprendizaje no se lograría.

¿Un Software Educativo como instrumento didáctico puede homogenizar la cátedra?

Sí, el Tutorial homogeniza la cátedra debido a que todos los estudiantes trabajan con el mismo nivel de información

Referencias

Libros:

- 1) Bruger, Walter 1988, Diccionario de filosofía.
- 2) Bruner, E.(1986).Etnography as narrative. En V.Turner y E. Bruner (comps).The anthropology of experience. Chicago:University of Illinois Press.
- 3) Boyd, Richard. 1991 (1993). *Confirmation, Semantics, and the Interpretation of Scientific Theories. The Philosophy of Science*. Mit Press. Cambridge.
- 4) Carrillo Landeros, Ramiro, Metodología y Administración, Edit. LIMUSA, Mexico,1992.
- 5) Enciclopedia Salvat Diccionario, tomo 4, 5 y 10.
- 6) Ferrater Mora José. “*Diccionario de Filosofía*”. Ed. Alianza Editorial. México, 1984.
- 7) Gutiérrez Gabriel, Metodología de las ciencias sociales, , HARIA, 1984
- 8) Gutierrez Pantoja, Gabriel. Metodología de las Ciencias Sociales II. HARLA, S.A. de C.V. México 1986.
- 9) Hessen Juan, Teoría del conocimiento. Editorial Porrúa, “Sepan Cuántos ... 351” México 1982.
- 10) Hessen Juan Teoría del conocimiento., ,Ed. Quinto sol.
- 11) Hempel, Carl. 1965 (1988). La Lógica de la Explicación. pp. 247-253. **La Explicación Científica**. Editorial Paidós. Barcelona.
- 12) La Filosofía Científica de Hans Reichenbach. Editorial Fondo de Cultura Económica, Sección de obras de filosofía. Segunda edición 1967.
- 13) Nueva Enciclopedia Temática de Filosofía. Ed. Nuevo Mundo. España, 1986.
- 14) Norton Peter Introducción a la computación.. Edt. Mac Graw Hill.
- 15) Quiñones, A (1996). Mecanismos Generativos en Anormalidad. Seminario en bases biológicas del conocer y de la comunicación humana. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.
- 16) Raymond, Eric. The New Hackers Dictionary. The MIT Press, 1991. (La versión electrónica "Jargon File Resources" Collins, English Dictionary. Colin Smith. Ed. Rand McNally.
- 17) Arellano Norka (2004) *Algunas herramientas de carácter constructivista para un aprendizaje significativo*. UNESCO. España.
- 18) Ary D. Jacobs Ch. Razavieh A (2000) *Introducción a la investigación pedagógica*. Mc Graw Hill. México.
- 19) Bisquerra, Rafael. (1989), *Métodos de investigación educativa: guía práctica*. España, CEAC.

20) Briones, Guillermo (2002). *Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales*. Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES). Disponible en: http://200.14.205.40:8080/portalicfes/home_2/rec/arc_77.pdf

21) Casas, J., García, J. y González, F. 2005. *Instrucciones para el desarrollo de la estructura del anteproyecto de investigación-acción*. CIIDET. Querétaro.

22) Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos, Liceo Baptista Pilar (2000.) *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill. México.

23) Vaquero, A. (1992). *Fundamentos pedagógicos de la enseñanza asistida por computadora*. Revista de Enseñanza y Tecnología: ADIE, N°6, pp.14-24.

24) Vázquez Martínez, Mario & García Moreno Raúl. *Diseño, Elaboración de Material Didáctico. La imagen su técnica y aplicación en la Instrucción*. CIIDET. 2003

Análisis de la efectividad de estrategias de aprendizaje en un programa por competencias de enseñanza superior

P.G.Sánchez-Iturbe ¹, P.T. Ortiz y Ojeda ^{1a}, P. A. G. Ortiz S. ^{2, 1} Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. ^{1a} Departamento de Ciencias Básicas. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Carretera Panamericana km. 1080, Tuxtla Gutiérrez Chiapas, C.P. 29050, Tuxtla Gutiérrez Chiapas;

² Departamento de Ingeniería, Universidad del Valle de México, Campus Mérida, Yucatán

*sancheziturbe@yahoo.com.mx

Área de participación: Investigación educativa

RESUMEN

Se reporta el avance de una investigación descriptiva en la que se analizará la eficacia de aplicación de procesos y estrategias de aprendizaje en una Institución de educación superior. El proyecto está orientado en analizar a un grupo de estudiantes universitarios en el uso de un conjunto de estrategias cognitivas y de apoyo que les permitan abordar sus procesos de aprendizaje de una forma más competente y autónoma, mediante la autorregulación y visualización, lo que posiblemente les permitiría el cambio en el desarrollo académico de su licenciatura. Lo anterior surge de la necesidad apremiante de evitar los altos índices de reprobación y de deserción que en los primeros semestres universitarios se presentan actualmente en la mayoría de las instituciones de nivel superior.

Palabras clave: autorregulación, estrategias de aprendizaje, estrategias cognitivas, escalas, valoración

Abstract

Herein it is proposed to carry out a descriptive study in which the effectiveness of a project promotion and implementation of processes and learning strategies in an institution of higher education will be discussed. The project aims to introduce to a group of college students a set of cognitive and supportive strategies in order to enable them to approach their learning in a more competent and autonomously way, through self-regulation and visualization. This will allow them to make a change in the academic development of their degree. This arises from the urgent need to avoid high rates of failure and dropout rates during the early semesters of university, situation which is currently happen in most of institutions of higher learning.

INTRODUCCIÓN

Uno de los retos más importantes con los que se enfrenta la sociedad actual y futura es el de la construcción del aprendizaje y la formación en competencias. Su implantación está suponiendo trasladar el centro de atención del profesor al estudiante y de pasar de una formación basada en los conocimientos exclusivamente a otra basada en la adquisición de competencias académicas, profesionales y de actuación. Esta propuesta está teniendo consecuencias para la nueva estructuración (el sistema de calificaciones) del nivel de licenciatura pero, sobre todo, para el docente que tiene que cambiar su concepción de la enseñanza integrando el aprendizaje en el binomio enseñanza-aprendizaje. Tanto el profesor como el estudiante están cambiando de una concepción puramente cuantitativa a otra cualitativa. El sistema supone un replanteamiento docente diferente puesto que otorga a los estudiantes un protagonismo diferente en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Exige además adoptar concepciones diferentes por parte de ambos, estudiantes y profesores, ya que el profesor tendrá que ampliar su preocupación no sólo por los contenidos científicos, sino por las competencias que los estudiantes deben adquirir, el modo en que ambos son aprendidos y el modo en que pueden ser enseñados. Lo anterior sugiere en lo alumnos la necesidad de aumentar la carga de trabajo autónomo, con una mayor implicación a la hora de aprender y un mayor compromiso con sus aprendizajes (Nuñez et al., 2006).

La complejidad de aprendizaje que representa lo anterior en los alumnos de nivel licenciatura los sitúan muy por debajo de lo esperado, con la consecuente repercusión en sus resultados académicos, remarcándose aún más las lagunas o deficiencias en sus conocimientos previos, llegando incluso a desertar por no poder alcanzar las mínimas calificaciones aprobatorias esperadas. También nos permite cuestionarnos sobre las causas personales y de contexto del aprendizaje ¿cómo organizar las clases para promover esas competencias deseadas en las diferentes asignaturas?, ¿cómo aumentar la implicación del estudiante en sus tareas de aprendizaje? ¿Cómo mejorar y/o alcanzar la calidad de los aprendizajes deseados? (Rosario et al., 2005). Asumiendo que la forma en que los estudiantes encaran su aprendizaje, permite alcanzar distintos enfoques de aprendizaje, se hace la propuesta para focalizar la aplicación del conocimiento de diferentes estrategias y procesos de aprendizaje a fin de incrementar la motivación y el aprendizaje promoviendo los procesos de autorregulación.

La autorregulación se refiere la conjunto de acciones planeadas y sistemáticamente adaptadas y aplicadas que permitan incrementar la motivación y el aprendizaje (Zimmerman, 2000), al aplicarlo a educación permite visualizar por el alumno, acciones que permitan establecer objetivos, organización y construcción de ambientes de trabajo adecuados para alcanzar un buen desarrollo, y rendimiento académico, aprovechamiento y gestión correcta del tiempo disponible, búsqueda de apoyo entre compañeros, docentes e incluso familiares, desarrollo de competencias interpersonales al realizar trabajo en equipo (Nuñez et al., 2006).

El término estrategia de aprendizaje ha sido definido en diferentes formas, por ejemplo, como mecanismos de control y planificación de los procesos cognitivos, secuencias de operaciones cognitivas dirigidas a una meta u objetivo, competencias necesarias para un aprendizaje efectivo, etc., parece comúnmente aceptado considerarlas como acciones organizadas y procedimientos que parten de la iniciativa del alumno, siendo secuenciadas, deliberadas y planificadas por el aprendiz para resolver tareas concretas de aprendizaje (Esteban, Ruiz y Cerezo, 1996).

El análisis de las estrategias de aprendizaje constituye uno de los pilares la reforma educativa, en la que se prioriza la adquisición de competencias, además el estudiante ha de ser un ente activo de su propio aprendizaje, asumiendo y autorregulando la planificación de su aprendizaje, algunas investigaciones señalan que los estudiantes universitarios utilizan un escaso conjunto de estrategias (De la Fuente y Justicia, 2003), independientemente de cuáles y cuantas estrategias de aprendizaje apliquen los estudiantes, es necesario hacer un diagnóstico del uso y conocimiento que se tiene para proponer un posible reajuste al contexto universitario (Zabalza, 2002). Se ha cuestionado la necesidad de contar con diferentes instrumentos de evaluación del conocimiento y la aplicación de diferentes estrategias de aprendizaje específicos para e alumnos universitarios, de esta manera se han utilizado la escala LASSI (Wenstein , 1987) cuestionado por la generalización de sus ítems y también por su antigüedad, el CEA-U, diseñado para estudiantes universitarios que presenta problemas de validación por su direccionalidad a estudiantes del área de humanidades; el CEAM y el CPE, los cuales resultan también tener preguntas no específicas a las diferentes estrategias y separándolas de la motivación (López- Aguado, 2010). Se menciona en la literatura también el EEMA, con excelentes relaciones de estrategias motivacionales, aunque también se menciona con limitaciones de validación por sesgo de la muestra (Suarez y Fernández, 2005). Otra propuesta es el cuestionario CETA, elaborado para estudiantes universitarios que consiste en 45 preguntas, y que dentro de sus ventajas permite analizar cuestiones como el poder discriminativo, posee un coeficiente de fiabilidad de 0.898, presenta interrelaciones significativas entre las variables, mostrando además 9 subescalas, entre las que se encuentran la búsqueda y elaboración de materiales y actividades complementarias, la implicación del alumno en tareas grupales, estrategias para la preparación de exámenes, importancia de la asistencia a clases, trabajo intelectual, planificación y programación de tiempos, tareas y evaluación de los procedimientos de aprendizaje (López- Aguado, 2010).

Dentro de los objetivos de este proyecto es el conocimiento de lo que ocurre con la eficacia de un programa de intervención para la mejora de las competencias de autorregulación, dándole la posibilidad de aplicarla, en estudiantes que inician su camino de preparación universitaria.

Se determinará qué tan eficaz resulta para los estudiantes de nuevo ingreso a la licenciatura, el recordar, el conocer y el aplicar un conjunto de estrategias y procesos de aprendizaje promovidos a lo largo del primer semestre de ingreso, específicamente para su integración desempeño y permanencia durante su formación en la carrera profesional elegida.

METODOLOGÍA

Para la realización de este proyecto fue seleccionado el grupo “C” de estudiantes del primer semestre del periodo ago-dic 2015, los cuales son alumnos de nivel licenciatura en Ingeniería del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, la selección del grupo se hizo en función a que este es el grupo de estudiantes aceptados que obtuvo los menores puntajes en el examen de selección de alumnos de nuevo ingreso aplicado (EXANI-II) y de acuerdo a datos estadísticos que fueron proporcionados por el Departamento de Servicios escolares, estos estudiantes son los más susceptibles a reprobar sus materias y/ o desertar de la carrera en el curso de los primeros 3 semestres . Se dividirá el grupo en 2 partes, sin hacer distinción de género, la mitad será el grupo control (sin acceso a las sesiones) y la otra mitad será el grupo experimental quienes tendrán acceso al programa de promoción de procesos y estrategias de autorregulación del aprendizaje. Se aplicarán 6 sesiones, durante las horas asignadas para la tutoría.

Las cuestiones a tratar son: Adaptación al sistema IT’s, formas de procesamiento de la información, Conocimiento de estrategias de aprendizaje y de evaluación, para lo que se proporcionará una serie de lecturas breves sobre los temas señalados previamente, estrategias de aprendizaje comunes: cognitivas, metacognitivas, motivacionales y de gestión (**anexo 1**). Para analizar y evaluar la eficacia del programa de aprendizaje y reaprendizaje de estrategias de aprendizaje y sus competencias de estudio se analizarán los índices de reprobación y de deserción de ambos grupos al finalizar el periodo escolar, y se explorará la posible relación entre interés por la carrera y la falta de estrategias de aprendizaje y autorregulación en su formación universitaria, mediante la aplicación del cuestionario de estrategias del trabajo autónomo (CETA), que consiste en 45 preguntas (**anexo 2**) que presenta adecuados índices de fiabilidad y validez las cuestiones se refieren a los conocimientos y estrategias más importantes y que serán vistas previamente por los estudiantes, teniendo en cuenta las siguientes variables: conocimiento declarativo de estrategias de aprendizaje, percepción del proceso de autorregulación y su utilidad, así como el conocimiento y utilidad de estrategias de evaluación. Su evaluación cualitativa permitirá indagar aspectos relacionados con el proceso de colaboración, planificación, conceptualización, preparación de exámenes y participación (Lopez-Aguado, 2010).

CONCLUSIONES

Se supone que enseñar a aprender es formar personas competentes que son capaces de aprender maximizando sus potencialidades y superando sus déficits, considerando el aprendizaje como una forma de desarrollo personal y constante en cualquier ámbito o escenario que se le presente y no necesariamente en el ámbito académico, siendo esto relevante en la formación profesional, este marco de referencia debería facilitar la transformación de la enseñanza universitaria actual, basada en el profesor como un transmisor de contenidos a una formación centrada en el estudiante quien al adquirir competencias y habilidades, tenga la posibilidad de dirigir y optimizar su propio aprendizaje o mejorar la forma de realizarlo. El tener la posibilidad de iniciar la aplicación de cursos de estrategias de aprendizaje en el ITTG, y con el fin de conocer su utilidad, es de considerar que permitirá su mejor aprovechamiento.

ANEXO 1

PROPUESTA DEL TRABAJO A REALIZAR PARA EL SIGUIENTE CICLO ESCOLAR

SESIONES	CONOCIMIENTOS Y ESTRATEGIAS A TRABAJAR
SESIÓN 1.- ¿QUÉ ES ADAPTARSE AL SISTEMA TECNOLÓGICO?	1.- Adaptarse al ITTG 2.-organización y gestión del tiempo 3.-reflexión del papel del alumno en el

	aprendizaje
<p>SESIÓN 2.- ¿cómo puedo hacer mejores apuntes?</p>	<p>1.- ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE: a) Estrategias de acceso a la información b) Estrategias de organización de la información: resúmenes, síntesis, esquemas, mapas conceptuales, mapas mentales (diferencias entre ellos)</p>
<p>Sesión 3.- ¿porqué olvidamos?</p>	<p>1.- Modelo de procesamiento de la información 2.- El olvido y la conexión con el aprendizaje 3.- Estrategias para mejorar y optimizar el funcionamiento de la memoria y el aprendizaje</p>
<p>SESIÓN 4.- ¿SABES COMO SER UN ALUMNO CON ÉXITO ACADÉMICO?</p>	<p>1.- MÓDELO DEL APRENDIZAJE AUTORREGULADO a) modelo cíclico del aprendizaje autorregulado PLEJE: planificación-ejecución-evaluación 2.- COMPETENCIAS A APRENDER: a) establecimiento de objetivos b) planificación y organización del estudio (gestión del tiempo y aplazamiento de tareas) c) asumir responsabilidades d) estructuración del ambiente de trabajo e) opciones de monitoreo de avances f) estrategias de estudio</p>
<p>SESIÓN 5 ¿Cómo puedes organizar tus asignaturas? ¿cómo consigues preparar mejor ese examen?</p>	<p>1.- ESTRATEGIAS DE PREPARACIÓN DE EXAMENES: a) A largo plazo: gestión del tiempo y establecimiento de objetivos b) a corto plazo; preparación próxima: 1.- revisión de la materia 2.- elaboración de preguntas 3.- realización de exámenes anteriores y su comparación 2.- LA ANSIEDAD O NERVIOS HACIA LOS EXAMENES</p>
<p>SESION 6 ¿La forma de estudiar debe ser diferente en función del tipo de examen?</p>	<p>1.- ESTRATEGIAS DE REALIZACIÓN DE EXÁMENES A) Estrategia general (gestión del tiempo, control de los distractores, revisión, etc.) B) Estrategias en función del tipo de examen i.- procedimientos para exámenes de opción múltiple, falso y verdadero, complementar paréntesis, etc. (tipo test) ii) Procedimientos para exámenes de preguntas abiertas, de complementación, de análisis etc. 2.-BUENAS PRÁCTICAS DE TRABAJO EN GRUPO, EQUIPO, DUPLA, ETC.</p>

ANEXO 2

Cuestionario de Estrategias de Trabajo Autónomo (CETA)

Este cuestionario identifica las estrategias que utilizas más habitualmente.

No es un test de inteligencia ni de personalidad.

No hay límite de tiempo para contestar al Cuestionario, aunque no tardarás más de 15 minutos.

No hay respuestas correctas o erróneas. Será útil en la medida que seas sincero/a en sus respuestas.

Lee detenidamente cada frase e indica el grado en que realizas las siguientes acciones en función del siguiente código:

1. Nunca __ N
2. Pocas veces __ PV
3. Algunas veces __ AV
4. Muchas veces __ MV
5. Siempre __ S

Por favor contesta a todos los items.

El Cuestionario es anónimo.

No. pregunta		N	PV	AV	MV	S
1	Tomo nota de las respuestas del profesor a la dudas propias o de los compañeros	1	2	3	4	5
2	Anoto mis dudas para consultarlas más a fondo en una segunda lectura	1	2	3	4	5
3	Estudio con esquemas, resúmenes y cuadros sinópticos de los contenidos de cada tema	1	2	3	4	5
4	Aclaro las dudas con el profesor en clase o en tutoría	1	2	3	4	5
5	Cuando inicio la lectura de un tema, escribo notas que posteriormente me sirven de síntesis de lo leído	1	2	3	4	5
6	Construyo una síntesis personal de los contenidos	1	2	3	4	5
7	Realizo mapas conceptuales y esquemas globales	1	2	3	4	5
8	Busco más información navegando por internet	1	2	3	4	5
9	Realizo actividades complementarias	1	2	3	4	5
10	Al empezar el cuatrimestre, hago por escrito un plan de trabajo, reflejando el tiempo que dedicaré a cada asignatura y la fecha de los exámenes	1	2	3	4	5
11	Realizo un mapa conceptual con los conceptos más importantes de cada apartado	1	2	3	4	5
12	Planifico los tiempos y estrategias de estudio	1	2	3	4	5
13	Leo y esquematizo los contenidos	1	2	3	4	5
14	Completo el estudio con lecturas/trabajos complementarios	1	2	3	4	5
15	Conozco y utilizo los recursos que proporciona el Tec	1	2	3	4	5
16	Elaboro una base de datos con toda la información obtenida en el desarrollo del trabajo	1	2	3	4	5
17	Evalúo el proceso de aprendizaje final	1	2	3	4	5
18	Busco datos relativos al tema, en Internet	1	2	3	4	5
19	Consulto bibliografía recomendada	1	2	3	4	5
20	Leo todo el material de la asignatura y hago una selección de los puntos más importantes para trabajarlos	1	2	3	4	5
21	En la elaboración de resúmenes de cada uno de los temas integro las	1	2	3	4	5

	aportaciones hechas por otros compañeros en clase					
22	Intercambio los resúmenes de los temas con los compañeros	1	2	3	4	5
23	Me organizo con los compañeros para pedir libros a la biblioteca	1	2	3	4	5
24	Cuando descubro aportaciones nuevas en documentos complementarios a la bibliografía recomendada, lo comparto con los compañeros	1	2	3	4	5
25	Preparo los exámenes teniendo en cuenta todo el material, no sólo mis apuntes	1	2	3	4	5
26	Intercambio con compañeros documentos, direcciones de Webs,... que nos puedan ser útiles para el desarrollo de las actividades	1	2	3	4	5
27	Consulta con los compañeros las dudas que se me plantean en el estudio del tema.	1	2	3	4	5
28	Respondo a las preguntas planteadas en clase	1	2	3	4	5
29	Cuando hay debate, tengo en cuenta las aportaciones de los compañeros para realizar la mía	1	2	3	4	5
30	Corrijo las actividades propuestas para comprobar mis conocimientos	1	2	3	4	5
31	Reparto con algunos compañeros los libros de la bibliografía básica, elaborando sinopsis de cada uno de ellos, para compartirlos	1	2	3	4	5
32	Elaboro un resumen de cada tema	1	2	3	4	5
33	Pongo a disposición de los compañeros los apuntes que he elaborado para facilitar el estudio del temario	1	2	3	4	5
34	Antes de los exámenes dedico unos días de repaso para aclarar dudas finales	1		2	3	4
535	Para preparar el examen me baso principalmente en los aspectos que el profesor marca como importantes	1	2	3	4	5
36	Repaso las indicaciones que el profesor nos ha dado a lo largo del curso	1	2	3	4	5
37	Trabajo en colaboración para resolver un problema o investigar algo	1	2	3	4	5
38	Reviso los apuntes de los compañeros para ver si aclaran las dudas	1	2	3	4	5
39	Reparto el tiempo para el estudio de contenidos y la elaboración de los trabajos de cada tema	1	2	3	4	5
40	Consulta otros materiales bibliográficos o páginas de Internet que ayuden o mejoren la comprensión	1	2	3	4	5
41	Sigo, aprovecho y participo en las clases	1	2	3	4	5
42	Realizo una primera lectura rápida y después otra más detenida con copia o transcripción de lo más relevante	1	2	3	4	5
43	Recopilo los contenidos que considero más importantes a modo de notas de estudio	1	2	3	4	5
44	Planifico el tiempo de que dispongo para cada asignatura y trabajo práctico	1	2	3	4	5

45	Cuando me surgen dudas, o para ampliar algún concepto, realizo búsquedas en libros o en internet	1	2	3	4	5
----	--	---	---	---	---	---

REFERENCIAS

- Beltrán J.A. (2003). Estrategias de aprendizaje. Revista de Educación. 332, 55-73.
- De la Fuente J. y Justicia F. (2003) Escala de estrategias de aprendizaje ACRA-abreviada para estudiantes universitarios. REIPP Revista electrónica de investigación Psicoeducativa y Psicopedagógica. 1(2) 140-158.
- Esteban M., Ruiz C., Cerezo F. (1996).Validación del cuestionario ILP-R, versión española. Anales de psicología. 12 (2) 133-151.
- López-Aguado M. (2010) Diseño y Análisis del cuestionario de estrategias de trabajo autónomo (CETA) para estudiantes universitarios. Revista de Psicodidáctica, 15(1) 77-99.
- Núñez J.C., Solano P., González-Pienda J. A. y Rosario P. (2006) El aprendizaje autorregulado como medio y meta de la educación. Papeles del Psicólogo, 27(3), 141-148.
- Rosario P., Núñez J. C., González-Pienda J. A., Almeida L., Soares S. y Rubio M. (2005).El aprendizaje escolar examinado desde la perspectiva del Modelo3Pde J. Biggs. Psicothema , 17 (3) 20-30.
- Suarez J. M. y Fernandez A. P. (2005). Escalas de evaluación de las estrategias motivacionales de los estudiantes. Anales de Psicología. 21(1), 116-128.
- Zabalza M.A. (2002). La enseñanza universitaria. El escenario y sus protagonistas. Madrid, España,Ed. Narcea
- Zimmerman B. J. (2002). Attaining sel-regulation. A social cognitive perspective. En: M. Boekaerts. P. Printichy M. Zeidner (eds.); Handbook self-regulation. New York (pp.13-39). San Diego: Academic Press.
- <http://www.psicologiacientifica.com/relaciones-sistema-de-mediacion-aprendizaje-autorregulacion-logro-academico>. Consultado 29 de mayo del 2015.

Habilidades Directivas en planteles de CONALEP del D.F.

V. Barajas Rodríguez^{1*}, M. Barroso Avalos¹, R. Olivo Alemán¹, C. Martínez Vázquez¹, P. González Reyes²

¹Área Económico – Administrativas Universidad Tecnológica de Tecámac, Carr. Federal Méx.- Pachuca km 37.5, Col. Sierra Hermosa, C.P. 55740, Tecámac, Edo. de Méx.

²Área Procesos de Producción, Universidad Tecnológica de Tecámac, Carr. Federal Méx.- Pachuca km 37.5, Col. Sierra Hermosa, C.P. 55740, Tecámac, Edo. de Méx.

*valebamx@yahoo.com.mx

Área de participación: Investigación educativa

Resumen

La investigación se centra en escuelas de nivel medio superior. Derivado de un análisis comparativo de los indicadores de productividad del mes de junio de 2013, en los planteles del Distrito Federal, se detectó que obtuvieron resultados inferiores a los esperados, por lo que se inició una investigación de las razones por las que los planteles arrojaban dichos resultados, a la conclusión que se llegó fue que los directores no cuentan con las habilidades directivas necesarias, debiendo ser orientadas a planificar, organizar, coordinar y evaluar la gestión estratégica de las actividades que apoyen a alcanzar eficacia pedagógica, administrativa, efectividad comunitaria y trascendencia cultural. Es por ello que el presente trabajo pretende determinar cuáles deberían ser las habilidades directivas que debe desarrollar el director del plantel, que apoyen directamente a la eficiencia en los indicadores de productividad de los planteles en el Distrito Federal.

Palabras clave: habilidades, directivas, perfil y capacitación.

Abstract

The research focuses on senior high schools. It derived from a comparative analysis of productivity indicators in June 2013, in the schools of the Federal District, it was found that scored lower than expected results, so that an investigation of the reasons was initiated by the campuses throwing these results, the conclusion reached was that the directors did not have the necessary management skills and must be oriented to plan, organize, coordinate and evaluate strategic management activities to achieve educational support, administrative efficiency, effectiveness and community cultural significance. That is why this study aims to determine what should be the management skills to be developed by the principal, in direct support of efficiency in productivity indicators of the schools in the Federal District.

Introducción

La presente investigación se centra en escuelas de nivel medio superior del sistema Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP), considerando sólo los 27 planteles del Distrito Federal. El CONALEP fue creado por decreto presidencial en 1978 como un Organismo Público Descentralizado del Gobierno Federal, con personalidad jurídica y patrimonio propio. Su objetivo principal se orientó a la formación de profesionales técnicos, egresados de secundaria. Derivado de un análisis comparativo de los indicadores de productividad del mes de junio de 2013, en los planteles de nivel medio superior del CONALEP del Distrito Federal, se detectó que obtuvieron resultados inferiores a los esperados, por lo que se inició una investigación de las razones por las que los planteles arrojaban dichos resultados, a la conclusión que se llegó fue que los directores no cuentan con las habilidades directivas necesarias, debiendo ser orientadas a planificar, organizar, coordinar y evaluar la gestión estratégica de las actividades que apoyen a alcanzar eficacia pedagógica, administrativa, efectividad comunitaria y trascendencia cultural. Los directores en el desempeño de sus funciones administrativas, tienden a emplear un conjunto propio de habilidades, destrezas y criterios conducentes para el logro exitoso de objetivos y metas de la institución, siendo figura clave para el buen funcionamiento del cargo. Autoridades educativas están conscientes que el papel y desempeño del director es relevante en la ejecución y dirección de actividades, tales como la organización de las tareas académicas, solución de problemas escolares, definición de políticas internas de trabajo y en la aplicación de la política educativa nacional y estatal. Es por ello que el presente trabajo pretende determinar cuáles deberían ser las habilidades directivas que debe desarrollar el director del plantel, que apoyen directamente a la eficiencia en los indicadores de productividad de los planteles de CONALEP, en el Distrito Federal, este permitirá identificar las habilidades directivas que deberán desarrollar los directores de plantel en CONALEP en el Distrito Federal, permitirá al director tener elementos para la toma de decisiones, manejo de

recursos humanos y materiales, capacidad de negociación, entre otras, evitando así entregar trabajos en destiempo, también podrá aplicar la normatividad de forma correcta y con ello tener la capacidad de tomar decisiones integrando distintos puntos de vista y poder anticiparse a eventos futuros y resolver problemas de manera creativa y sustentable.

Marco teórico

La educación como proceso formalmente establecido, requiere de la participación activa y responsable de todos los involucrados en el desarrollo de los jóvenes que cursan el bachillerato, para enfrentar los retos de los diferentes ámbitos en donde se desenvuelven los educandos, resulta trascendente el rol que le toca jugar los que ocupan los puestos directivos en los planteles de educación media superior, se requiere que los directivos manifiesten sus habilidades directivas escolares (conocimientos, habilidades, destrezas, capacidades y competencias directivas en el ámbito escolar), tanto en corrientes actuales de pedagogía y didáctica como lo relativo a la administración de los centros escolares que están a su cargo, y como es de entenderse, los resultados alcanzados tendrían que ser acorde a los objetivos, que el sistema educativo a trazado, de acuerdo al Sistema Nacional de Bachillerato y el Marco Curricular Común. En el desempeño de estas habilidades directivas escolares, los directores están diariamente involucrados en funciones, actividades y tareas, que les permitirá afrontar apropiadamente las diversas situaciones cotidianas y resolver efectivamente los conflictos que se le presentan en los diferentes contextos en que se desenvuelve. Según Gil (1999)¹, la función directiva y el liderazgo se asientan en estrategias como planificar, coordinar, dirigir y controlar, y para todos esos procesos, es imprescindible el dominio de habilidades interpersonales de comunicación, instrucción, supervisión, delegación, evaluación del rendimiento, motivación, solución de conflictos y negociación, habilidades asertivas, en definitiva, habilidades para afrontar situaciones difíciles y en ocasiones límite. Conceptualmente, los directores difieren de los líderes, si bien se considera que los directores más eficaces son aquellos que, en lugar de emplear con exclusividad recursos de poder legítimo, emplean habilidades propias de liderazgo. No es lo mismo ser un buen gestor o un buen jefe, que ser un líder. Gestionar es, en esencia, sacarle todo el partido posible a lo que ya se tiene o se puede disponer. Liderar es ir más lejos, es sustentar una dinámica más rica y creadora con la organización y con el grupo. Es implicar, crear colaboración, buscar la satisfacción de los miembros, innovar y mejorar continuamente (Lorenzo, 2004)².

Habilidades directivas³

El liderazgo en los centros escolares es una labor difícil que requiere mucho compromiso del directivo, pues impone la necesidad de dirigir un proyecto educativo definido y coherente, conducido con convicción y capacidad, en un ambiente de armonía y participación comprometida. Ello implica enfrentar los siguientes retos; Desarrollar un equilibrio entre objetivos y tareas educativas y las necesidades grupales; Buscar un balance entre las necesidades institucionales y las personales; Armonizar la construcción de una organización adecuada y la valoración de vínculos interpersonales; Integrar las experiencias y capacidades del personal en contraste con las necesidades de la comunidad. En este sentido, se considera que algunos de los factores que influyen en la conquista del liderazgo por parte del directivo son:

- El grado de confianza que el grupo concede al directivo.
- El poder vinculado a la posición del directivo.
- El nivel de conocimientos e información sobre las tareas por desarrollar.
- Capacidad para guiar y estimular hacia el logro de resultados,
- El grado de comunicación con el grupo.
- Estimulación hacia la participación y atención a sugerencias, transmitiéndolas en forma tal que sean aceptadas favorablemente.
- Mostrar sensibilidad a las necesidades del grupo.
- El directivo debe buscar los medios más idóneos para que se realicen las tareas de gestión, que apoyen los cambios y las transformaciones necesarias ante los nuevos contextos educativos.

¹ Gil, F. (1999). El entrenamiento en habilidades sociales de dirección en equipos multiprofesionales y en organizaciones. Actas. I Simposium sobre "Habilidades sociales: Técnicas y áreas de aplicación". Granada.

² Lorenzo, M. (2004). La función de liderazgo de la dirección escolar: una competencia transversal. 22, 193-211.

³ Selección y adaptación de Elizondo Huerta, Aurora (coord.), La nueva escuela II. Liderazgo y gestión escolar. México, Ed. Paidós (Maestros y enseñanza), 2001, cap. 15.

La función de dirección comprende tareas que imponen la profesionalización del directivo; es decir, los directores deben contar con los conocimientos y las habilidades relacionados con las siguientes dimensiones institucionales, como la dimensión pedagógica, dimensión social, dimensión política y dimensión administrativa. El directivo es un agente de apoyo a la escuela y su principal función es colaborar en el mejoramiento de los procesos y resultados educativos. Como tal, su reto es tratar de dirigir al mayor número de personas del colectivo escolar, para que consigan determinados objetivos educativos en un esfuerzo conjunto y de colaboración. La función directiva en los centros escolares requiere del director escolar, no sólo el conocimiento administrativo y técnico necesario para el correcto ejercicio de la misma, sino también el dominio de determinadas habilidades de relación interpersonal, imprescindibles en una gestión donde las relaciones personales juegan un papel fundamental. Habilidades de relación interpersonal como pueden ser, saber comunicarse, saber motivar para el trabajo, solucionar conflictos de manera adecuada, ser asertivo, saber afrontar situaciones difíciles con familias, profesorado y alumnado, ya que del dominio de estas habilidades depende el buen clima del centro y el grado de satisfacción de la comunidad. Ante lo anteriormente citado importancia que tienen las habilidades directivas escolares para el ejercicio de la función directiva, nos planteamos estudiar en qué medida los directores escolares de 27 planteles CONALEP del D.F., tienen desarrolladas y ejecutaban, dichas habilidades en el ejercicio de su tarea directiva, nos planteamos como objetivos: "Evaluar los principales factores de las habilidades directivas, que impiden el desarrollo y crecimiento de los 27 planteles CONALEP del D.F.", con la finalidad de dar una propuesta viable, que ayude a este ramo a trascender en los niveles de productividad.

De la capacitación y adiestramiento de los trabajadores

El Artículo 153-A de la Ley Federal del Trabajo (DOF 17-01-2006), establece que: Todo trabajador tiene el derecho a que su patrón le proporcione capacitación o adiestramiento en su trabajo que le permita elevar su nivel de vida y productividad, conforme a los planes y programas formulados, de común acuerdo, por el patrón y el sindicato o sus trabajadores y aprobados por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Como concepto de capacitación⁴ tenemos, es un proceso a través del cual se adquieren, actualizan y desarrollan conocimientos, habilidades y actitudes para el mejor desempeño de una función laboral o conjunto de ellas. La relevancia del tema obliga a manejar un concepto práctico de capacitación y a conocer los objetivos que ésta pretende alcanzar, al operar programas de formación en el interior de las unidades productivas. Los objetivos de la capacitación son diversos entre los que destacan el fomentar el desarrollo integral de los individuos y en consecuencia el de la empresa, proporcionar conocimientos orientados al mejor desempeño en la ocupación laboral, disminuir los riesgos de trabajo y contribuir al mejoramiento de la productividad, calidad y competitividad de las empresas.

Capacitación en el trabajo.

Es la formación y actualización permanente que proporcionan las empresas a sus trabajadores con base en los requerimientos detectados por nivel de ocupación. La finalidad es la de desarrollar conocimientos, habilidades y actitudes en el personal para mejorar su desempeño en la organización. El aprendizaje lo lleva a cabo un instructor o en su caso el supervisor del propio centro de trabajo y los resultados obtenidos se valoran con respecto al desempeño del trabajador en su actividad laboral, así como en la productividad y calidad de la empresa.

Función de la capacitación, de acuerdo a lo citado podemos citar las siguientes funciones:

- Formación y actualización de los recursos humanos
- Es una forma extraescolar de aprendizaje, necesaria para el desarrollo de personal calificado e indispensable para responder a los requerimientos del avance tecnológico.
- Reditúa en el individuo progreso personal en beneficio de sus relaciones con el medio social.
- Con base en situaciones reales, orientadas hacia la renovación de los conocimientos, habilidades y actitudes del trabajador, mejora el ambiente laboral y se logra que el personal sea más competente.

Metodología

Enfoque de la investigación

Para el desarrollo de esta investigación, se utilizara un enfoque cualitativo, se consideraran aspectos contextuales y rasgos característicos de los directivos de 27 planteles CONALEP del distrito federal, pertenecientes al Sistema Nacional de Bachillerato, en lo que respecta a sus habilidades directivas escolares, en busca de identificar lo manifiesto en la puesta en marcha de sus habilidades directivas y con ello tener un marco de referencia sobre el impacto que tienen las habilidades directivas escolares en los indicadores de productividad. Se define el enfoque cualitativo como: "donde el objetivo es la riqueza, profundidad y calidad de la información, y no la cantidad, y

⁴ http://segob.guanajuato.gob.mx/sil/docs/capacitacion/La_funcion_de_la_capacitacion.pdf

estandarización" (Hernández Sampieri 1991:227)⁵. Es esta acepción, en sentido propio, filosófico, la que se usa en el concepto de "metodología cualitativa". No se trata, por consiguiente, del estudio de cualidades separadas o separables; se trata del estudio de un todo integrado que forma o constituye una unidad de análisis y que hace que algo sea lo que es: una persona, una entidad étnica, social, empresarial, un producto determinado, etc.; aunque también se podría estudiar una cualidad específica, siempre que se tengan en cuenta los nexos y relaciones que tiene con el todo, los cuales contribuyen a darle su significación propia. De esta manera, la investigación cualitativa trata de identificar la naturaleza profunda de las realidades, su estructura dinámica, aquella que da razón plena de su comportamiento y manifestaciones. De aquí, que lo cualitativo (que es el todo integrado) no se opone a lo cuantitativo (que es sólo un aspecto), sino que lo implica e integra, especialmente donde sea importante. Se busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice, describiendo tendencias de un grupo o población.

Por lo anterior, el planteamiento del problema se determina como: ¿Cuáles son los principales factores de las habilidades directivas escolares que limitan los niveles de productividad de los 27 planteles CONALEP del D.F.?

Justificación:

En la presente investigación se enfocará a los 27 planteles CONALEP del D.F., que tienen un importante papel en proporcionar los elementos y medios indispensables para adaptarse a las características de los procesos productivos de las diferentes organizaciones, contribuyendo al el desarrollo económico local, el interés de identificar cuáles son los principales factores que impiden niveles óptimos de productividad de los planteles CONALEP del D.F. De esta forma proponer alternativas que ayuden a dichos planteles al mejoramiento de su productividad.

Objetivo General:

Evaluar los principales factores de las habilidades directivas, que impiden el desarrollo y crecimiento de los 27 planteles CONALEP del D.F., con la finalidad de dar una propuesta viable, que ayude a este ramo a trascender en los niveles de productividad.

Objetivos Específicos:

1. Describir la importancia de los CONALEP en el desarrollo del país, identificando sus características y principales problemas en su administración y crecimiento.
2. Especificar las características del bachillerato y sus retos.
3. Definir una propuesta viable que permita superar los obstáculos que presenta los 27 planteles Conalep D.F.

Hipótesis:

Si se identifican las habilidades directivas manifiestas de los 27 planteles CONALEP, que impiden niveles de productividad, en el D.F, entonces se dará una propuesta que permita apoyarla en su desarrollo, para obtener mayor competitividad en el mercado.

Recolección de datos

En el caso de la investigación presentada el espacio de investigación fueron los 27 planteles de CONALEP en el Distrito Federal, que forman el total del universo poblacional; considerando que se trabaja turno matutino y turno vespertino, se estima un promedio de 20 trabajadores por turno en el área administrativa y 40 profesores por turno para el área académica y un director por plantel. A continuación se muestra la tabla del universo total de la investigación, que corresponde al total del personal que trabaja en la empresa objeto de la investigación.

Área	Número de planteles	Personal promedio administrativo		Personal promedio docente		Total de trabajadores
Planteles en el DF	27	Matutino 20	540	Matutino 40	1,080	1620
		Vespertino 20	540	Vespertino 40	1,080	1620
Total	27		1,080		2,160	3240

Esta investigación es no experimental, de acuerdo con lo señalado por Hernández, Fernández y Baptista (2006), "es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables", es decir, es un estudio donde no hay variables, únicamente se limita a la observación, para recabar la información que sirve de base para el análisis correspondiente y a partir de éste se desprendan las inferencias a las que haya lugar. El diseño de investigación

⁵ Hernández, Sampieri, Roberto, Fernández, Collado, Carlos y Baptista, Lucio, Pilar, (1991), Metodología de la investigación, 2ª. Edición, McGraw-Hill., p. 227

que se utilizó es transversal, pues se recolectaron datos en un solo momento, es decir, en un tiempo único. Con el propósito de describir las características o atribuciones que posee una población en particular, analizando sus relaciones, necesidades, gustos y preferencias, Hernández, Fernández y Baptista (2006). Por lo tanto la investigación es descriptiva ya que la profundidad de la investigación, sólo se limita a determinar las características que debe poseer el directivo en cuanto a sus habilidades. Para el caso de la investigación se utilizó la muestra aleatoria la cual consiste en seleccionar al azar y cada miembro tiene igual oportunidad de ser incluido. Por lo que se entrevistarán a 5 trabajadores administrativos y 10 docentes por plantel, por lo que la muestra. Teniendo en concreto 135 trabajadores administrativos y 270 docentes; representando estos el 12.5% de la población total de estudio.

Carlos Prieto (2014)⁶ en su obra *Emprendimiento* presenta el siguiente esquema de las habilidades directivas. Dicho esquema se utilizó como referencia para el análisis del proyecto y el planteamiento y elaboración del instrumento de evaluación. El instrumento que se utilizó para recopilar la información es la encuesta, basadas en entrevistas cara a cara o de profundidad, son entrevistas directas o personales con cada encuestado, con la ventaja de ser controlada y guiada por el encuestador y suele obtener la información requerida. Se diseñó con escala Likert. Partimos del supuesto de que las respuestas arrojarían aportaciones trascendentes para la evaluación de las habilidades directivas desarrolladas por los directores de los 27 planteles de CONALEP. Por lo que propusimos los resultados de la evaluación para argumentar que el impacto en los indicadores de productividad tiene relación



directa con las habilidades desarrolladas por los directores. El instrumento se aplicó al 100% de la muestra seleccionada. Sin embargo, previamente, se realizaron dos pruebas piloto para valorar la validez interna del instrumento. La primera prueba piloto fue seleccionar un 2% de la muestra que constituye el objeto de estudio de esta investigación, con las características de la población en los planteles; en esa primera prueba, el instrumento sufrió modificaciones en relación a la redacción algunos ítems. La segunda prueba de validez consistió en elegir a dos personas representativas de la muestra seleccionada con el propósito de que, una vez corregido el instrumento, se verificara la coherencia de las preguntas, las respuestas y lo que se pretende medir. Lo que derivó en la versión final que se aplicó al total de la muestra. El cuestionario consta de 49 preguntas directamente relacionadas con las habilidades directivas de los directores, se le agregó sólo tres respuestas una positiva, neutra y negativa, mostradas como: muy de acuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo y muy en desacuerdo, además está clasificado en las habilidades que se pretende analizar comunicación con 11 preguntas, trabajo en equipo 9 preguntas, liderazgo 9 preguntas, ético y socialmente responsable 8 preguntas, pensamiento sistémico 6 preguntas y orientación a resultados con 6 preguntas. Las preguntas en cuestión son las siguientes:

COMUNICACIÓN	1	Se te informo sobre la visión y misión de la institución al ingresar
	2	Conoces los canales de comunicación que se utilizan en la institución
	3	Al enfrentarte con un problema, se te permite dar tu punto de vista del mismo para aportar una solución al problema.
	4	Se te informa de tus metas y los resultados esperados oportunamente
	5	El Director trata de recoger la información para conocer sus preferencias y expectativas.
	6	El Director da reconocimiento a los trabajadores que apoyan y proveen ideas innovadoras.
	7	Se te informa oportunamente de cambios en la institución.
	8	El Director tiene la capacidad de escuchar, hacer preguntas, expresar conceptos e ideas en forma efectiva.
	9	El director escucha sin prejuizar, siendo objetivo.
	10	Comparte sus ideas y planes.
	11	Se te retroalimenta oportunamente sobre tu trabajo
TRABAJO EN EQUIPO	12	El director facilita el cumplimiento de la tarea en el equipo.
	13	El Director fomenta una buena relación y cohesión entre los miembros del equipo.
	14	El Director ayuda a los miembros a comprometerse con sus objetivos.
	15	El Director motiva que los miembros del equipo se comprometan al éxito de su equipo y a su éxito personal
	16	El director crea una energía positiva siendo optimista y motivando al equipo.
	17	El Director establece credibilidad e influencia entre los miembros del equipo
	18	El Director realiza acciones para construir una buena relación y cohesión entre los miembros del plantel
	19	El Director diagnostica y capitaliza las competencias fundamentales del equipo y sus fortalezas.
	20	El Director Fomenta y participa en el trabajo en equipo

⁶Prieto, Sierra, Carlos, (2014), *Emprendimiento*, 1° Edición, México, editorial Pearson.

LIDERAZGO	21	El Director comunica una convincente visión de futuro
	22	El Director se asegura que se cumplan las metas del grupo
	23	Se define claramente objetivos de desempeño asignando las responsabilidades personales correspondientes.
	24	Se delegan tareas adecuadamente.
	25	El Director genera en el grupo, un ambiente de entusiasmo, confianza y compromiso
	26	Se fomenta y apoya el aprendizaje y la formación a largo plazo
	27	Emprende acciones para mejorar el talento y las capacidades de los demás.
	28	El Director permite la promoción entre su equipo
	29	El director conoce las actividades y funciones del plantel
ÉTICO Y SOCIALMENTE RESPONSABLE	30	El director es responsable de las actividades del plantel
	31	El sentimiento que te transmite el Director del plantel es de confianza
	32	El director cuida su imagen
	33	Transmite respeto en sus actos y comportamiento
	34	Vive de acuerdo con los valores de la institución
	35	El Director es capaz de llegar a acuerdos pacíficamente
	36	El Director trata al equipo de manera igual y justa
	37	Se adapta a situaciones cambiantes, medios y personas en forma adecuada.
PENSAMIENTO SISTÉMICO	38	En el plantel se trabaja de acuerdo a la normatividad del sistema
	39	En el plantel existen procedimientos de las funciones, se conocen y trabajan de acuerdo a ellos.
	40	El Director muestra una excelente capacidad de análisis y síntesis
	41	El director muestra capacidad de gestión de la información y del conocimiento
	42	Muestra habilidad para tomar decisiones
	43	El Director tiene habilidad para la administración efectiva del tiempo
ORIENTACIÓN A RESULTADOS	44	El Director siempre establece un estándar del rendimiento
	45	El Director comprende los cambios de entornos y detecta nuevas oportunidades.
	46	El Director establece objetivos y evalúa resultados
	47	El director revisa situaciones pasadas para modificar el accionar y retroalimenta al equipo
	48	El Director adapta tácticas y objetivos para afrontar una nueva situación
	49	El director realizo adaptaciones organizacionales o estratégicas en respuesta a los cambios del entorno.

Resultados y Discusión (Gráficas de los resultados obtenidos)



Ético y socialmente responsable	Ítem	Muy de acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Muy en desacuerdo
	30	113	114	163
	31	109	110	171
	32	118	112	160
	33	119	118	153
	34	128	110	152
	35	116	125	149
	36	115	116	159
37	120	119	151	

Pensamiento sistémico	Ítem	Muy de acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Muy en desacuerdo
	38	131	124	135
	39	132	123	135
	40	136	121	133
	41	125	126	139
	42	120	119	151
43	120	111	159	

Orientación a resultados	Ítem	Muy de acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Muy en desacuerdo
	44	117	118	155
	45	128	125	137
	46	129	134	127
	47	124	128	138
	48	123	119	148
49	112	116	162	

Una vez recopilada y capturada la información se procedió a analizar la información, en primer lugar se le dio valor a las respuestas, considerando que aquellas respuestas que fueron contestadas como muy de acuerdo valen tres puntos, las ni de acuerdo ni en desacuerdo valían dos puntos y las contestadas como muy en desacuerdo valen un punto, dado lo anterior aquellos planteles con mayor puntuación desarrollan las habilidades directivas.

Trabajo a futuro

Derivado de los resultados del proyecto se propuso elaborar un programa de capacitación, ya que si las habilidades directivas escolares no son manifiestas, es necesario que los responsables de ello se sometan a un proceso con la finalidad de desarrollar conocimientos, habilidades y actitudes en los directivos escolares para mejorar su desempeño en los planteles CONALEP, generando un adecuado clima laboral, desarrollando el liderazgo y motivando siempre al logro de objetivos, fomentando el trabajo en equipo, siempre bajo un estricto apego a la normatividad y sobre comportamientos éticos, enfocado a resultados. Principalmente a los directores del plantel y al personal que tenga a su cargo departamentos y personal, es importante destacar que de manera formal se generan programas de capacitación para el sistema educativo tales como curso taller de habilidades directivas, o bien a través de los programas de formación continua. Sabemos que la idea es, que la habilidad se desarrolla a través de actividades expositivas, guiadas y supervisadas para que finalmente se desarrolle a través de prácticas autónomas, con el propósito expreso de desarrollar y evidenciar en cualquier contexto escolar, el dominio pleno de las habilidades directivas escolares, siendo esto el propósito principal del programa de capacitación propuesto.

Conclusiones

Se analizaron los datos y se detectaron a 5 planteles con resultados positivos en cuanto al desarrollo de las habilidades directivas por parte del Director. Después se comprobó que los resultados más altos son los mismos planteles que sacaron resultados altos en las habilidades, investigamos el perfil de los directores que están al frente de estos cinco planteles. La formación académica de los directores es del área económica administrativa y de Humanidades, entre Administradores, Contadores y un Sociólogo. Además su experiencia laboral fuera de CONALEP es en recursos humanos y capacitación, en su trayectoria en la institución han tomado cursos y diplomados en liderazgo, trabajo en equipo y técnicas de motivación grupal, las cuales han aplicado en su labor como director y máxima autoridad en el plantel. Cabe mencionar que aunque los resultados de los indicadores no son aún los deseados, es importante mencionar que el desarrollo de habilidades directivas en los planteles influye directamente con el impacto en estos. Los directores desempeñan diversas funciones en la institución, participando en tres áreas: las de relaciones interpersonales, de información y decisiones. Al llevar a cabo estos roles ayudan a las personas, las orientan, les informan y hasta las representan. Su intervención es vital en

el éxito o el fracaso de la institución. Por ello, todo director tiene que desarrollar habilidades y llevarlas a cabo desde que planea para alcanzar un desarrollo planificado. El director es el elemento dinámico del plantel, sin su guía los recursos seguirían siendo recursos y no se convertirían nunca en éxito. Es por ello que al desarrollar las habilidades directivas apoyarán en el éxito de la institución y al logro de sus objetivos. Por todo lo anterior se recomienda realizar un plan de capacitación donde los directivos conozcan y aprendan a aplicar las habilidades directivas, generando un adecuado clima laboral, desarrollando el liderazgo y motivando siempre al logro de objetivos, fomentando el trabajo en equipo, siempre bajo un estricto apego a la normatividad y sobre comportamientos éticos, enfocado a resultados.

Fuentes de referencia

1. Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP), consultado el 28/09/2014, en <http://www.conalep.edu.mx/qspropuesta/Paginas/default.aspx>.
2. Gil, F. (1999). El entrenamiento en habilidades sociales de dirección en equipos multiprofesionales y en organizaciones. Actas. I Simposium sobre "Habilidades sociales: Técnicas y áreas de aplicación". Granada.
3. Lorenzo, M. (2004). La función de liderazgo de la dirección escolar: una competencia transversal. Enseñanza, 22, 193-211.
4. Selección y adaptación de Elizondo Huerta, Aurora (coord.), La nueva escuela II. Liderazgo y gestión escolar. México, Ed. Paidós (Maestros y enseñanza), 2001, cap. 15.
5. Bosch, García, Carlos, (2005), La Técnica de investigación, 11° Edición, México, editorial Trillas.
6. Chiavenato, Idalberto, (2011), Administración de Recursos Humanos, 9° Edición, México, editorial Mc Graw Hill.
7. Deobold, B., Van, D. y Meyer, W., (2006), Manual de técnica de la investigación, 3a. Edición, editorial EDUCAFA.
8. Guízar, Montúfar, Rafael, (2008), Desarrollo Organizacional, 3° Edición, México, editorial Mc Graw Hill.
9. Hellriegel, Jackson, Slocum, (2008), Administración, un enfoque basado en competencias, 9° edición, editorial Thomson
10. Hernández, Sampieri, Roberto, Fernández, Collado, Carlos y Baptista, Lucio, Pilar, (2006), Metodología de la investigación, 2ª. Edición, McGraw-Hill.
11. Instituto de Investigación de Tecnología Educativa de la Universidad Tecnológica de México UNITEC, (2010), en su Colección Humanidades UNITEC, en el libro Administración 1
12. Koontz Harold y Weihrich Heinz, 2004, Administración Un Perspectiva Global, 12a. Edición, editorial McGraw-Hill Interamericana
13. Madrigal, Torres, Berta E. (2009), Habilidades Directivas, 2° Edición, México, editorial Mc Graw Hill.
14. Porret, Gelabert, Miguel, (2010), Gestión de personas, 4° Edición, España, editorial Alfaomega.
15. Prieto, Sierra, Carlos, (2014), Emprendimiento, 1° Edición, México, editorial Pearson.
16. Secretaría de Gobernación (2014), consultado del 08/09/2014, en http://segob.guanajuato.gob.mx/sil/docs/capacitacion/La_funcion_de_la_capacitacion.pdf
17. Solnik Bruno, (2001), Habilidades Directivas, 9° Edición, Barcelona, España, editorial Addison Wesley Iberoamericana.

Educación ambiental y Norma ISO: 14001-2004 en el ITBoca del Río, Veracruz-México.

V. Alcántara Méndez^{1*}

¹Departamento de Ciencias del Mar, Instituto Tecnológico de Boca del Río, Km. 12 Carr. Veracruz-Córdoba 94290 Boca del Río, Veracruz, México.

*dravirginiaalcantara@yahoo.com.mx

Área de participación: Investigación educativa

Resumen

A partir del 2014, el ITBoca aceptó la implementación del Sistema de Gestión Ambiental (SGA), bajo la norma ISO 14001:2004, adoptando una política ambiental, con metas ambientales definidas para iniciar una cultura de compromiso y sensibilización. La coordinación de Sensibilización, Concientización y Educación Ambiental, planeo las estrategias educativas para la evaluación de aspectos ambientales significativos, considerados como punto de partida para el establecimiento de los objetivos y metas ambientales del ITBoca. Fue una investigación cuasi experimental, con diseño complementario (DICO) consistió en: a) enfoque cuantitativo, se validó con una T-student para los niveles de entrada, apropiación y empoderamiento en los conceptos de educación ambiental, ética ambiental y política ambiental; y para b) enfoque cualitativo se realizaron triángulos topológicos para las categorías: compromiso, concientización y cultura de responsabilidad ambiental; participaron 250 estudiantes de las carreras de acuicultura, gestión empresarial, administración, civil, mecánica y biología, con un total de 20 horas trabajadas para la obtención de un crédito; durante el ciclo escolar 2014-2 y 2015-1. Los resultados otorgaron una visión integral, con empoderamientos del 45%, 65% y 55% respectivamente.

Las estrategias propuestas permitieron aprender y enriquecer a través de cursos, talleres, actividades, eventos. Se concluye que la integración de grupos multidisciplinarios aportó nuevas ideas, trabajo en equipo, el procedimiento 4.4.2 *competencia, formación y toma de conciencia* promovió el interés para colaborar en futuras actividades. La construcción de temas ambientales desarrolló aspectos altamente significativos para vincular el papel de la escuela con el desarrollo de conocimientos, habilidades y valores sobre el ambiente.

Palabras Clave: Educación ambiental, SGA-ISO14001:2004

Abstract

From 2014, the ITBoca accepted the implementation of the system of environmental management (EMS), under the ISO 14001:2004 standard, adopting an environmental policy with environmental goals defined to initiate a culture of commitment and awareness. The coordination of sensitization, awareness and environmental education, plan educational strategies for the evaluation of significant environmental aspects, considered as a starting point for the establishment of objectives and environmental goals of the ITBoca. It was a quasi-experimental, with complementary design research (DICO) consisted of: a) quantitative approach was validated with a T-student for the levels of input, ownership and empowerment in the concepts of environmental, ethical environmental and political environmental education; and b) qualitative approach were topological triangles for the categories: commitment, awareness and culture of environmental responsibility; involved 250 students of aquaculture, business management, administration, civil, mechanics and biology, with a total of 20 hours for the obtaining of a credit; during the cycle school 2014-2, 2015-1. The results gave a comprehensive vision, with 45% empowerments, 65% and 55% respectively. The proposed strategies enabled learning and enrich through courses, workshops, activities, events. It is concluded that the integration of multidisciplinary groups brought new ideas, teamwork, the procedure 4.4.2 *competence, training and awareness* promoted the interest to collaborate in future activities. The construction of environmental issues developed highly significant aspects to link the role of the school with the development of knowledge, skills and values about the environment.

Keywords: Environmental education, SGA-ISO 14001:2004

Introducción

En la actualidad legar a las futuras generaciones un medio ambiente apto para la continuidad de la civilización se ha convertido en una de las principales preocupaciones de la humanidad (Romero, 2012). Se considera que la educación ambiental y el desarrollo sustentable son caminos que permiten llevar al estudiantado hacia la construcción de un mejor escenario de vida para el desarrollo de la humanidad y de los demás seres vivos con los que se convive día a día.

La conceptualización de términos como educación ambiental y desarrollo sustentable son considerados prioridad en ámbitos económicos, sociales y en lo educativo tienen un lugar presente en el diseño curricular de todas las carreras. El trabajo que ha venido realizando el Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBoca) ha consistido en orientar dos líneas principales: la educación ambiental y la capacitación, con la finalidad de que el aspecto ambiental forme parte de su cultura.

En lo particular, el ITBoca contempla como despliegue transversal materias que se asocian directamente para crear una cultura de responsabilidad ambiental, apoyado en el conocimiento de la Norma ISO 14001:2004, la aplicación de la misma en los aspectos ambientales significativos y sus metas ambientales propuestas. Y tiene como principal propósito crear una cultura de responsabilidad ambiental en el personal, estudiantes y partes interesadas.

Desde el 2000 la educación ambiental se ha ido consolidando como una estrategia que va más allá de una herramienta para la conservación de los recursos naturales o para la enseñanza de la ecología. De acuerdo con Ruíz (2010), hoy se concibe como un proceso educativo permanente que permite a las personas comprender las relaciones de interdependencia del ambiente tanto en lo natural como en lo social; ya que a partir del conocimiento reflexivo y crítico de su realidad, se pueden generar actitudes de valor y respeto por el medio ambiente, de participación para mejorar la calidad de vida, de orientar una perspectiva de desarrollo sustentable acorde a la realidad.

Como participantes de este proceso quienes nos dedicamos al quehacer educativo debemos capacitarnos para poder transmitir y ayudar a construir en nuestros estudiantes esta visión, la cual implica diferentes dimensiones conceptuales, éticas, pedagógicas y culturales.

La educación ambiental en el Instituto Tecnológico de Boca del Río

Nuestra institución en sus 39 años de creación, tiene una trayectoria ligada hacia la conservación de recursos naturales, su enfoque nace como Institución en áreas marinas y de allí la visión del aprovechamiento y cuidado de las especies potencialmente económicas en la zona; por lo cual la educación ambiental se refería a lograr el reconocimiento de que los seres humanos dependemos de la naturaleza para vivir, por ello fue necesario asumir valores éticos que permitieran conducirnos sin dañar la naturaleza y el ambiente del cual somos parte. Así se establece en el diseño curricular las materias Taller de Ética y Desarrollo Sustentable, como ejes transversales en todas las carreras que se imparten, con el objetivo de formar un criterio y participar en un aprovechamiento respetuoso de los recursos y un cuidado solidario de medio donde vivimos.

El Sistema de Gestión Ambiental Norma ISO 14001:2004

Los Institutos Tecnológicos Nacionales integrados por 131 planteles atienden actualmente a 440,117 estudiantes en la República Mexicana; con la inclusión de los beneficios de la Educación Ambiental en la formación profesional y en los servicios que se ofrecen, se desea alcanzar y demostrar un sólido desempeño ambiental, mediante el control de los impactos de nuestras actividades, de nuestros procesos en la prestación del servicio educativo, sobre el medio ambiente y el cumplimiento con la legislación aplicable. (Manual SGA, 2014)

A partir del 2014, el ITBoca acepta la implementación del Sistema de Gestión Ambiental (SGA), bajo la norma ISO 14001:2004, adoptando una política ambiental, con metas ambientales definidas pero sobre todo iniciar una cultura de compromiso y sensibilización.

La coordinación de Sensibilización, Concientización y Educación Ambiental, planeo las estrategias educativas para la evaluación de aspectos ambientales significativos, considerados como punto de partida para el establecimiento de los objetivos y metas ambientales del ITBoca.

Objetivo Ambiental

- Crear una cultura de responsabilidad ambiental en el personal, estudiantes y partes interesadas.

Metas Ambientales

- 1) Disminuir la generación de Residuos Sólidos Urbanos.
- 2) Disminuir el Consumo de Energía Eléctrica.
- 3) Disminuir el Consumo de Agua.
- 4) Disminuir la generación de Residuos Peligrosos. (ISO 14001:2004)

Desarrollo del proyecto

Es una investigación cuasi experimental, con diseño complementario (DICO) el cual consistió en dos enfoques: a) enfoque cuantitativo el cual se validó con una T-student para los niveles de entrada, apropiación y empoderamiento en los conceptos de educación ambiental, ética ambiental y política ambiental; y para b) enfoque cualitativo se realizaron triángulos topológicos para las categorías: compromiso, concientización y cultura de responsabilidad ambiental.

La coordinación de sensibilización, concientización y educación ambiental, fue la responsable de la elaboración del calendario ecológico y proporcionar la formación para el personal que participó en tareas que potencialmente pudieran causar un impacto ambiental significativo a través de la aplicación de los procedimientos para la *competencia, formación y toma de conciencia*.

Por lo anterior, el SGA se incorporó al programa de créditos complementarios, con la participación inicial de 250 estudiantes de las carreras de acuicultura, gestión empresarial, administración, civil, mecánica y biología, quienes participaron en las actividades programadas con un total de 20 horas trabajadas para la obtención de un crédito; durante el ciclo escolar 2014-2 y 2015-1.

Eventos y campañas fue un programa que se estructuró de acuerdo al calendario de celebraciones ambientales a lo largo del año, con la finalidad de proporcionar a la comunidad en general información accesible sobre la diversidad de nuestros recursos naturales, su situación y medidas de conservación motivándolos para que se involucrarán en acciones que se programaron con las demás dependencias del sector, todo lo anterior a través de talleres interactivos, exposiciones, campañas de limpieza y reforestación, concursos, por mencionar algunos.

Resultados y Discusión

Enfoque Cuantitativo

El concepto de Educación Ambiental se implementó con varios programas destinados a la conformación del grupo de vigilantes ambientales 50 estudiantes de las carreras antes mencionadas.

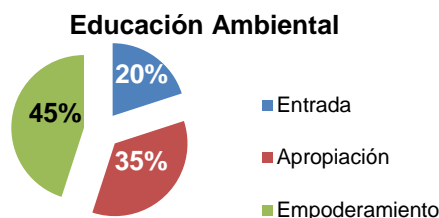
De igual forma se participó con el taller en educación ambiental impartido por la Asociación Civil en el Sistema de Manglares Arroyo Moreno con actividades que reforzaron los conceptos por su apoyo didáctico y recreativo en la enseñanza, atendiendo los diversos estilos de aprendizaje ya que al hacerlo más vivencial (teóricos-pragmáticos, reflexivos y activos) en ocho horas cumplieron un reto educativo para el equipo docente que atendió a los grupos.

El curso-taller *Cuidemos al Manglar* cumplió los objetivos de capacitación, reforestación y compromiso con el medio ambiente ya que la competencia del saber hacer se logra cuando el estudiante participando experimenta que la conservación requiere de diversas disciplinas y trabajos, pero más que nada de voluntad y compromiso.

Los programas de capacitación en educación ambiental buscaron difundir y generar conocimiento con el ambiente, desarrollar capacidades del saber hacer orientando el pensamiento crítico y reflexivo y del saber estar o ser, incorporando valores sociales y del ambiente en la ética individual y social.

De igual forma la participación en la conservación de los recursos naturales, en la prevención de la problemática ambiental, en la propuesta de soluciones y para acompañar las alternativas planteadas por la sustentabilidad.

En la gráfica 1, se indican los niveles de entrada fueron 20%, una apropiación del 35% y un empoderamiento del 45% en el concepto de educación ambiental.

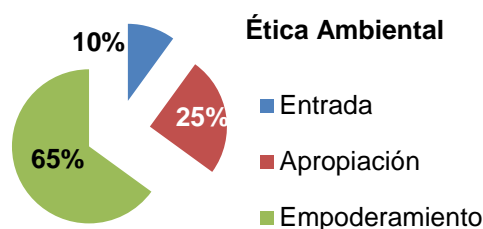


Gráfica 1. Niveles de entrada, apropiación y empoderamiento para el concepto Educación Ambiental.

El concepto de Ética Ambiental fue aplicado en la asignatura taller de ética y posteriormente enfocado a cada asignatura desde sus diversas perspectivas, es decir que los estudiantes llevaron a cabo sus actividades con la responsabilidad de sustentar la formación y la actividad profesional, así como el desarrollo de la ciencia y la tecnología bajo principios de solidaridad hacia la comunidad en la que habitan, y trasladarla hacia un mundo contemporáneo bajo los criterios de globalización, sustentabilidad para trascender hacia las generaciones futuras.

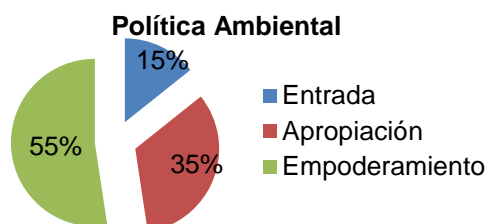
Para lograrlo cual se implementaron acciones como Taller de separación de basura, Campaña de limpieza, Eventos académicos de Innovación donde participaron las carreras de mecánica, administración y acuicultura, respectivamente. Como resultado de la comprensión del concepto aplicado a la realidad de estrategias enfocadas a la construcción de escenarios.

En la gráfica 2 los resultados indicaron un 10% en los niveles de entrada, 25% en niveles de apropiación y 65% en niveles de empoderamiento.



Gráfica 2. Niveles de entrada, apropiación y empoderamiento para el concepto Ética Ambiental.

Finalmente para esta etapa el concepto de Política Ambiental no menos importante fue implementado con participaciones de los estudiantes de las carreras de biología, acuicultura y gestión empresarial quienes visitaron aula por aula a las diferentes carreras. Este contexto sirvió de fundamento en el quehacer educativo para reflexionar el impacto de nuestras acciones vs medio ambiente. La visión que se logró en la comprensión de la política ambiental da un enfoque integral articulando aspectos pedagógicos, recreativos con elementos éticos y conceptuales de la naturaleza y el ambiente. La grafica 3, indica los niveles de entrada fueron 15%, una apropiación del 35% y un empoderamiento del 55% en el concepto de política ambiental.

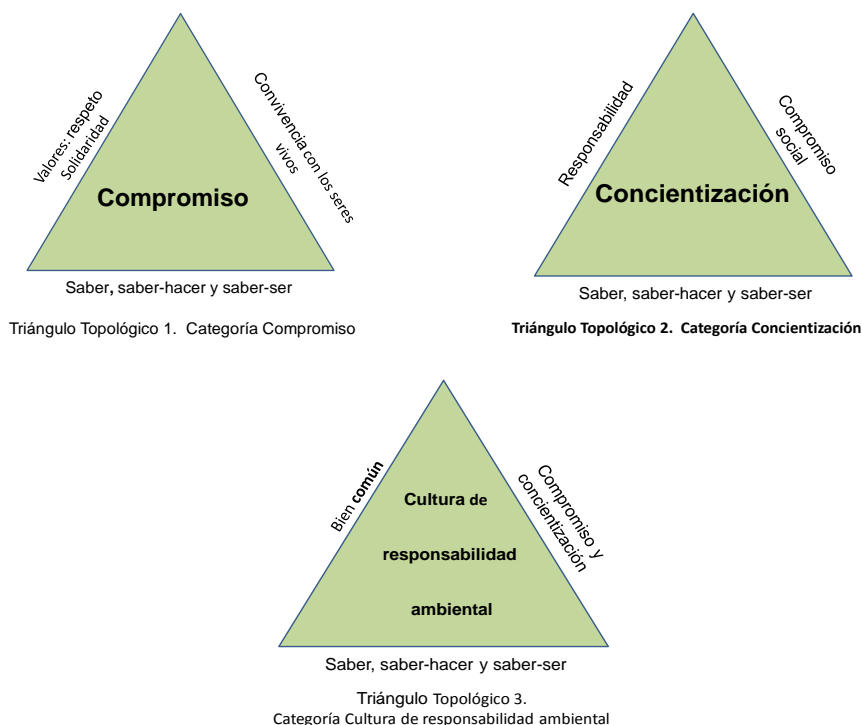


Gráfica 3. Niveles de entrada, apropiación y empoderamiento para el concepto Política Ambiental.

Enfoque Cualitativo

Las categorías compromiso, concientización y cultura de responsabilidad ambiental fueron trabajadas con los siguientes eventos programados en el calendario ecológico: Día de la Tierra, Creatividad y Reciclaje en el cual participaron estudiantes de las carreras de civil, mecánica, administración y acuicultura. En el evento del Día del Ingeniero fue incorporada la participación del SGA para la celebración del Día del Medio Ambiente el cual junto con la Asociación AMIME se desarrolló el Foro de Sustentabilidad en el cual participaron expertos quienes a través de sus conferencias integraron los conocimientos relacionados con el saber, saber-hacer y saber-ser. Los triángulos topológicos demostraron los valores de respeto, solidaridad y convivencia con los seres humanos y los demás seres vivos, como aspecto fundamental para promover la concientización, la responsabilidad y la participación social. (Triángulos topológicos 1,2 y 3)

El resultado de cada actividad ambiental permitió acciones en la búsqueda de un bien común, como fue la siembra de árboles, cuidado del agua, ahorro de energía eléctrica, propuestas de investigación-acción que los estudiantes realizaron en la escuela como un primer acercamiento hacia la cultura de responsabilidad, demostró compromiso, concientización y crear una cultura de responsabilidad (RMPA, 2014)



Los tres triángulos topológicos mostraron en su telón del centro las categorías: compromiso, concientización y cultura de responsabilidad ambiental. Los resultados indicaron que el compromiso se reforzó en su base con los conocimientos del saber, saber-hacer y saber ser y en los laterales con los valores de solidaridad y respeto y la convivencia con los seres vivos. Para la concientización igualmente en la base se tienen los conocimientos del saber, saber-hacer y saber ser y en sus laterales el compromiso social y la responsabilidad. Finalmente para categoría cultura de responsabilidad ambiental concentra en sus laterales el bien común como un logro del compromiso y la concientización integrando a la realidad los conocimientos del saber, saber hacer y saber ser.

Trabajo a futuro

La incorporación de estudiantes en el Sistema de Gestión Ambiental permanece en contacto directo con las diferentes Coordinaciones de las carreras que se imparten en el I.T.Boca por lo que continúa implementándose como programa para créditos complementarios, fortalecimiento de una cultura ambiental en los estudiantes y el cumplimiento de las metas ambientales por parte de la Institución. En el ciclo agosto 2015 se implementará con los estudiantes de nuevo ingreso.

Conclusiones

Se concluye que:

- El objetivo ambiental de crear una cultura de responsabilidad ambiental se cumplió al obtener resultados contundentes, cada concepto fue llevado a la realidad con actividades que otorgaron una visión integral.
- Los enfoques cuantitativo y cualitativo quedaron integrados en las estrategias propuestas y desarrolladas por la Coordinación de Sensibilización, Concientización y Educación Ambiental que permitieron seguir aprendiendo y buscando formas de enriquecer a través de cursos, talleres, actividades, eventos y compartir experiencias.
- Los niveles de entrada, apropiación y empoderamiento de los conceptos educación ambiental, ética ambiental y política ambiental desde el 15% al 65% de su comprensión.
- La integración de grupos multidisciplinarios aportaron nuevas ideas que ayudaron a re-direccionar el trabajo en equipo tanto de docentes como de estudiantes participantes.
- La implementación del procedimiento *4.4.2 competencia, formación y toma de conciencia* del Sistema de Gestión Ambiental norma ISO 14001:2004 promovió en los estudiantes y personal el interés de ser incluidos para colaborar en futuras actividades. (Procedimientos gobernadores, 2014)
- La construcción de temas ambientales desarrolló aspectos altamente significativos para vincular el papel de la escuela con la realidad.
- La motivación fue un elemento importante y presente en cada actividad diseñada por los equipos de trabajo.
- La creatividad, innovación, logro, trabajo en equipo, solidaridad, respeto, compromiso, concientización, liderazgo, armonía, análisis, síntesis, reflexión fueron competencias que se desarrollaron durante el proceso de aprendizaje.
- Los docentes participantes re-direccionaron sus prácticas educativas ya que implementaron estrategias que les permitieron conceptualizar, jerarquizar, desarrollar y ejemplificar las acciones planificadas, al igual que evaluar de forma integral los desempeños de los participantes.

Referencias

- ISO 14001:2004 Norma Sistema de Gestión Ambiental. Organización Internacional de Estandarización.
Manual del SGA. 2014. Multisitios. ITM.
Procedimientos gobernadores del SGA. 2014. Multisitios ITM.
Reglamento Municipal para la Protección del Ambiente. 2014. Procuraduría del Medio Ambiente.
Ríos-González, Ángel. 2010. Concepto Desarrollo Sustentable en la Educación Ambiental. Revista de Investigación 360 Vol. V. pp. 35-45.
Romero-Rodríguez B. I. (2012). Educación y gestión ambiental. Tendencias tecnológicas. Boletín XII. pp. 91-97.

Evaluación del desempeño docente en el Posgrado de la Universidad del Valle de Orizaba

M. G. Balderrábano Saucedo^{1*}, I. Becerra Román², C. Villagran Fuentes³

^{1*} ² *Facultad de Humanidades, Universidad del Valle de Orizaba, Prolongación Av. 20 de Noviembre No. 1. Esquina Calle de los Censos y Vicente M. Corona s/n entre Privada Corona y Av. de los Censos. Col. El Espinal, Orizaba, Veracruz, C.P. 94330*

³ *Maestría en Administración con Formación en Organizaciones de la Universidad del Valle de Orizaba.*

**balderrabano7@hotmail.com*

Área de participación: *Investigación Educativa*

Resumen

La búsqueda por la calidad ha obligado a diversas instituciones educativas a contar con mecanismos que reflejen la plena satisfacción de sus educandos, en este sentido, se percibe a la evaluación como un medio para mejorar los resultados del aprendizaje. Evaluar, implica una serie de desafíos que se deben enfrentar para determinar los parámetros y criterios más convenientes que garanticen que los docentes estén cualificados profesionalmente, comprometidos y motivados en el mejoramiento de su práctica.

La investigación muestra los resultados de la evaluación al desempeño docente en el posgrado de la Universidad del Valle de Orizaba bajo el paradigma cuantitativo, la encuesta contempló al universo total de docentes y alumnos, en donde se evaluaron 28 asignaturas arrojando 244 encuestas. Los resultados demuestran una estrecha vinculación entre las dimensiones que el cuestionario establece y señala como elementos clave al Desarrollo didáctico y la Motivación para el aprendizaje significativo de los estudiantes.

Palabras clave: *Calidad, Evaluación, Desempeño Docente.*

Abstract

Search for quality has forced to diverse educational institutions to rely on mechanisms that should reflect a satisfaction of his students, in this respect, the evaluation is perceived as a way to improve learning results. Evaluating implies a series of challenges that must be faced to determine parameters and criteria more suitable that guarantee that teachers are qualified professionally, compromised and motivated in the improvement of practice.

This research shows the results of the evaluation to the educational performance in the posgrado of Universidad del Valle de Orizaba under the quantitative paradigm. The study had the whole universe of teachers and students, where 28 subjects were evaluated throwing 244 surveys. The results show a relationship between the dimensions that the questionnaire establishes and indicates as essential elements the Didactic performance and the Motivation for the significant learning of the students.

Introducción

Toda institución educativa desea contar con una Educación de calidad, nadie desea una Universidad mediocre. La búsqueda de la excelencia, grado máximo de la calidad, es un argumento inatacable (de la Orden, y otros, 1997).

La UNESCO (1998), define la evaluación como el proceso de recogida y tratamiento de información pertinente, válida y fiable para permitir a los actores interesados, tomar las decisiones que se impongan para mejorar las acciones y los resultados. Por otro lado la evaluación educativa es el proceso mediante el cual se determina hasta qué punto se están logrando los objetivos educativos por medio de los programas, currículo e institución. Es establecer qué grado de congruencia existe entre los objetivos propuestos y los resultados obtenidos (Mendivil Zuñiga, 2002).

La evaluación permite a los distintos actores que participan en el proceso educativo tomar las decisiones necesarias para mejorar la eficacia, eficiencia y efectividad de la institución educativa a través de la mejora continua poniendo de manifiesto la calidad y excelencia institucional en lo académico-administrativo (Marcano, Aular de Durán, & Finol de Franco, 2009).

El estudio realizado por Luna (2008), sobre “*Evaluación en contexto de la docencia en posgrado*” muestra que la evaluación se asocia con la calidad de la educación, donde el uso principal se relaciona con la toma de decisiones administrativas, asignación de cursos, estímulos económicos y promoción, con base en los resultados se reporta que los resultados de la investigación se usarán con fines de mejora de la actividad docente y control administrativo, así como con fines de retroalimentación docente.

Por otro lado el estudio presentado por Vásquez-Rizo y Gabalán-Coello (2012) sobre: “*La evaluación docente en posgrado: variables y factores influyentes*”, reporta que los estudiantes de posgrado son personas exigentes en cuanto a sus expectativas de formación, con mayor fortaleza de carácter para buscar y exigir mejor calidad en el servicio educativo que se les ofrece, por lo que la variable de mayor impacto para los estudiantes es la metodología y el dominio que el docente tiene al respecto, mientras que para los docentes y los jefes las variables de mayor importancia son el compromiso y el cumplimiento institucional. Con base en la investigación se concluye que es necesario generar espacios de reflexión al interior de la escuela, en los que se aborden temáticas pedagógicas que permitan cualificar el trabajo y optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje en los posgrados (Vásquez-Rizo & Gabalán-Coello, 2012).

Zabalza (2003) caracteriza el trabajo de los docentes señalando competencias en la planificación del proceso de la enseñanza-aprendizaje, en la selección y preparación de los contenidos disciplinares, en la comunicación de informaciones y explicaciones comprensibles y bien organizadas, en el manejo de tecnologías de la información y la comunicación, y en la identificación con la institución y el trabajo en equipo, entre otras (Rueda Beltrán, 2008).

En el Posgrado de la Universidad del Valle de Orizaba (UniVO) se busca consolidar un cuerpo de docentes que garantice las competencias necesarias que deberá integrar un alumno egresado de posgrado para insertarse con éxito a la vida laboral y profesional en sintonía con lo que la sociedad y el contexto demanda. Con base en lo que establecen los autores, el Posgrado de la UniVO presenta un cuestionario para evaluar las competencias docentes del posgrado; el cuestionario estuvo conformado por siete dimensiones, las cuales fueron: Planificación del curso, Preparación y conocimiento de la disciplina, Desarrollo didáctico, Evaluación del aprendizaje, Motivación, Valores y relación con el docente y la Reflexión y el grado de satisfacción del alumno.

La investigación propone el universo de estudio al total de los alumnos del posgrado de la UniVO, en donde participan las maestrías en: Sistemas Computacionales, Administración con Formación en Organizaciones, Impuestos y Administración Educativa, las técnicas utilizadas son: el cuestionario, el análisis de contenido y cálculos estadísticos. Esta investigación dio inicio en marzo del 2014 a febrero del 2015, teniendo como objetivo, elevar la calidad educativa de los alumnos de posgrado a través de la evaluación de las competencias docentes a fin de consolidar con base en los resultados un cuerpo de docentes de calidad. Los resultados que aquí se presentan se centran en los datos recabados durante el periodo agosto 2014 – febrero 2015.

Metodología

Para realizar el análisis del desempeño docente del Posgrado de la Universidad del Valle de Orizaba, se propone la investigación cuantitativa. El diseño de la presente investigación no es experimental y la recolección de los datos se realiza a través de un cuestionario diseñado para los alumnos de posgrado, el cual permite mostrar la percepción que tienen sobre las competencias de sus docentes. El cuestionario se integra en el Sistema Integral de Servicios Escolares (SISE) que es el sistema al que acceden los alumnos pertenecientes a esta institución educativa. Para realizar el instrumento se considera importante retomar lo establecido en el Avance programático de la Universidad del Valle de Orizaba, asimismo se toma como referencia el instrumento realizado por la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST) sobre la Evaluación Docente lo que permite vislumbrar con mayor claridad los puntos importantes a cubrir.

Con base en el análisis, se genera el instrumento de evaluación docente, el cual se conforma por 37 reactivos, divididos en siete dimensiones, las cuales se detallan a continuación: 1. Planificación; permite identificar si el

docente del posgrado considera como apoyo el formato del Avance programático propuesto por la UniVO, lo da a conocer a sus educandos y respeta lo establecido en el mismo. 2. Preparación y conocimiento de la disciplina; tiene como objeto garantizar si el docente muestra dominio de la asignatura que imparte. 3. Desarrollo didáctico; permite obviar si el docente presenta y expone de forma organizada y estructurada la asignatura, promueve la participación activa de los educandos y hace uso de estrategias, métodos y técnicas de enseñanza efectivos para el aprendizaje, favoreciendo con ello la colaboración y la actitud positiva al interior del aula escolar. 4. Evaluación del Aprendizaje; establecido en las políticas del Avance programático, permite esclarecer si el docente utiliza diversas formas de evaluación e implementa el uso de rúbricas que apoyan y favorecen al aprendizaje, garantizando la imparcialidad en la asignación de las calificaciones de los educandos. 5. Motivación; muestra la importancia para el desarrollo efectivo de las actividades del Proceso Enseñanza-Aprendizaje (PEA) debido a que estimula el interés de los estudiantes y favorece el logro de aprendizajes significativos, asimismo permite mostrar compromiso y entusiasmo en las actividades que se realizan y reconocer los éxitos y logros para favorecer el PEA. 6. Valores y la Relación con el Docente; esta dimensión muestra la ética profesional, el compromiso que el docente tiene para con la institución y el respeto que debe guardar hacia los educandos a través de sus actitudes y acciones. Por último la dimensión 7. Reflexión del Alumno; retoma la valoración que los estudiantes hacen con respecto a su nivel de compromiso y el grado de satisfacción.

Estructura del instrumento de Evaluación

A continuación, la Tabla 1 muestra las siete dimensiones que se contemplaron en el cuestionario y los ítems asociados a cada una de ellas.

Tabla 1. Dimensiones de la Evaluación Docente según número de preguntas.

Aspecto	Pregunta	Total
1. Planificación del Curso	1-5	5
2. Preparación y conocimiento de la disciplina	6-9	4
3. Desarrollo Didáctico	10 -16	7
4. Evaluación del Aprendizaje	17-21	5
5. Motivación	22-27	6
6. Valores y Relación con el Docente	28-31	4
7. Reflexión del Alumno y Grado de Satisfacción	32-37	6
		37

Nota: Elaboración propia, con datos del Avance Programático propuesto por la Universidad del Valle de Orizaba.

Consistencia interna del instrumento

La presente investigación se basa en el cálculo del coeficiente de alfa para representar la consistencia interna del test de alumnos, esto con la finalidad de determinar el grado en que todos los ítems del test covarían entre sí. El alfa de Cronbach es por tanto un coeficiente de correlación que a grandes rasgos, mide la homogeneidad de las preguntas promediando todas las correlaciones entre todos los ítems para ver que, efectivamente, se parecen. Su interpretación consiste que, cuanto más se acerque el índice al extremo 1, mejor es la fiabilidad, considerando una fiabilidad respetable a partir de 0,80 (Sampieri, 2009).

Validez del instrumento:

Para dar validez al instrumento se propone el cálculo del análisis de fiabilidad a través del software estadístico SPSS, los resultados obtenidos pueden apreciarse en la Tabla 2.

Tabla 2. Resumen del procesamiento de los casos.

		N	%
Casos	Válidos	244	100.0
	Excluidos ^a	0	.0
	Total	244	100.0
a. Eliminación por lista basada en todas las variables del procedimiento.			
Estadísticos de fiabilidad			
Alfa de Cronbach		N de elementos	
		.960	38

Nota: Elaboración propia, con apoyo del software estadístico SPSS.

Con base en los resultados se puede observar que el instrumento es confiable en un 96%. La fiabilidad permite estudiar las propiedades de las escalas de medición y de los elementos que componen las escalas. El análisis de fiabilidad calcula un número de medidas de fiabilidad de escala que se utilizan normalmente y también proporciona información sobre las relaciones entre elementos individuales de la escala. Se pueden utilizar los coeficientes de correlación intraclase para calcular estimaciones de la fiabilidad inter-evaluadores (SPSS, 21).

La base de datos realizada en SPSS se conforma por un total de 48 variables con nivel de medición ordinal (1. Totalmente de acuerdo 2. De acuerdo 3. Indeciso 4. En desacuerdo 5. Totalmente en desacuerdo). Con la finalidad de simplificar el análisis correlacional fue necesario asignar un código a cada una de las variables los resultados se muestran en Tabla 3.

Tabla 3. Codificación de los ítems según descripción y aspecto a evaluar.

Clave	Descripción	Dimensión a evaluar
A1	Dio a conocer el Avance Programático en la primera sesión	1. Planificación del Curso
A2	Cumple con los acuerdos establecidos del Avance programático	
A3	Explicó la forma de evaluar la asignatura	
A4	Proporciona material de apoyo para el desarrollo de la asignatura	
A5	Asiste puntual tanto a la llegada como a la salida del salón de clases	
A6	Prepara sus clases de manera organizada	2. Preparación y conocimiento de la disciplina
A7	Domina los contenidos de la asignatura	
A8	Muestra tener experiencia necesaria para impartir la asignatura	
A9	Resuelve las dudas relacionadas con los contenidos de la asignatura	3. Desarrollo Didáctico
A10	Presenta y expone la clase de manera organizada y estructurada	
A11	Impulsa la participación de los alumnos durante las clases para mejorar el aprendizaje	
A12	Utiliza diversas estrategias, métodos, medios y materiales de apoyo al aprendizaje adecuados a la asignatura	
A13	Verifica si los alumnos han comprendido lo estudiado	
A14	Relaciona los contenidos de la asignatura con la industria y la sociedad a nivel local, regional, nacional e internacional	
A15	Promueve actividades participativas que permiten colaborar con una actitud positiva	
A16	Emplea las TIC como medio para facilitar el aprendizaje de los estudiantes	4. Evaluación del Aprendizaje
A17	Los criterios de evaluación corresponden a los establecidos en el Avance programático	
A18	Entrega oportunamente los resultados de las evaluaciones realizadas	
A19	Proporciona retroalimentación en la revisión de trabajos, investigaciones, proyectos, ejercicios, etc.	
A20	Resuelve dudas respecto a las calificaciones de exámenes y/o trabajos de modo comprensible y razonable	
A21	Otorga calificaciones basadas en rubricas que promueven la objetividad del criterio de evaluación	5. Motivación
A22	Muestra compromiso y entusiasmo en sus actividades docentes	
A23	Propicia el desarrollo de un ambiente de respeto y confianza	
A24	Fomenta la curiosidad y el deseo de aprender	
A25	Reconoce los éxitos y logros en las actividades de aprendizaje	
A26	Hace interesante la asignatura	
A27	Muestra congruencia entre lo que dice y lo que hace	6. Valores y Relación con el Docente
A28	Promueve el uso seguro, legal y ético de la información digital	
A29	Es respetuoso en sus actitudes y acciones hacia sus alumnos	
A30	Muestra ética profesional en el aula escolar	

Clave	Descripción	Dimensión a evaluar
A31	Denota compromiso institucional y profesional	7. Reflexión del Alumno y Grado de Satisfacción
A32	Llevo al corriente las actividades, tareas y trabajos de esta asignatura	
A33	Considero que mi desempeño en la asignatura ha sido muy bueno	
A34	Estoy satisfecha o satisfecho por mi nivel de desempeño y aprendizaje logrado gracias a la labor del docente	
A35	Soy puntual en mi llegada a clase	
A36	Regreso puntual a clase al concluir el receso	
A37	Yo recomendaría a este docente a otros compañeros	

Fuente: Elaboración propia, asignando codificación para facilitar la lectura de las correlaciones obtenidas por el programa estadístico SPSS.

Para efectos de esta investigación se evalúan 18 docentes, 28 asignaturas y se cuenta con la participación del universo de alumnos, siendo estos un total de 63, los cuales se dividen como lo muestra la Tabla 4.

Tabla 4. Total de Alumnos de Maestría correspondientes al periodo 15-1 según semestre o ciclo escolar.

Maestría	Semestre/Ciclo	Alumnos
Maestría en Administración con Formación en Organizaciones (MAFO)	Primer Semestre	21
	Segundo Semestre	11
	Tercer Semestre	16
Maestría en Sistemas Computacionales (MSC)	Primer Semestre	5
	Tercer semestre	4
Maestría en Administración Educativa (MAE)	Ciclo 1	5
Maestría en Impuestos (MI)	Tercer Semestre	1
	Total	63

Nota: Elaboración propia con datos obtenidos del registro de alumnos de Posgrado de la Universidad del Valle de Orizaba, correspondiente al periodo 15-1.

Resultados y discusión

Los alumnos participantes se distribuyen porcentualmente de la siguiente manera: MAFO 76.19%, MSC 14.28%, MAE 7.93% y MI 1.58%. La participación de los alumnos de Posgrado muestra un total de 244 encuestas mismas que se analizaron a través del software estadístico SPSS, en donde se realiza la correlación de las dimensiones obteniendo los resultados que se ilustran en la Tabla 5.

Tabla 5. Correlaciones por dimensión correspondiente al periodo 15-1.

Dimensión	Planeación	Preparación	Desarrollo	Evaluación	Motivación	Valores	Reflexión
Planeación	1	.667**	.763**	.734**	.749**	.671**	.677**
Preparación	.667**	1	.848**	.761**	.839**	.708**	.725**
Desarrollo	.763**	.848**	1	.827**	.886**	.719**	.716**
Evaluación	.734**	.761**	.827**	1	.811**	.659**	.682**
Motivación	.749**	.839**	.886**	.811**	1	.751**	.753**
Valores	.671**	.708**	.719**	.659**	.751**	1	.617**
Reflexión	.677**	.725**	.716**	.682**	.753**	.617**	1

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Con base en los resultados anteriores se determina que existe una estrecha relación entre cada una de las dimensiones que conformaron al instrumento de docentes. Los resultados que a continuación se describen integran la información recabada en cada una de las dimensiones que conformaron el estudio.

1. Planificación del Curso

Con base en los resultados ilustrados en la Tabla 5 se puede observar con claridad que existe una correlación positiva considerable entre la Planeación del curso y el Desarrollo didáctico. Al realizar la correlación bivariada con cada uno de los ítems se determina que Entregar el Avance programático de una u otra forma apoya el desarrollo de la asignatura. Mientras que cumplir con los acuerdos que se establecen en el mismo garantiza que los educandos conozcan la forma en que el docente los evaluará, asimismo muestra una vinculación con presentar y exponer las clases de manera organizada y estructurada.

2. Preparación y conocimiento de la disciplina

En la Tabla 5 se puede evidenciar que la Preparación y conocimiento de la disciplina muestra una relación positiva considerable con el Desarrollo didáctico, la Evaluación del Aprendizaje y la Motivación.

Al analizar los ítems pertenecientes a esta dimensión, se determina que dominar los contenidos de la asignatura se relaciona con la experiencia que el docente tiene en el área y la forma en que relaciona los contenidos con la industria y la sociedad, motivando con ello el fomento de la curiosidad y el deseo por aprender por parte de los educandos lo que permite generar interés por la asignatura. Al mismo tiempo se pudo observar que contar con la experiencia en el área, garantiza que se esclarezcan las dudas sobre los temas abordados y facilita el reconocimiento de los éxitos y logros en las actividades de enseñanza-aprendizaje.

3. Desarrollo Didáctico

Con base en los resultados observados en la Tabla 5 el Desarrollo didáctico muestra una relación considerable con la Planeación del curso, la Preparación y conocimiento de la disciplina, la Evaluación del Aprendizaje y la Motivación.

Como se puede observar esta dimensión es de suma importancia ya que, impacta en cuatro de las dimensiones que el cuestionario contempla. Al analizar los ítems que conforman estas dimensiones se observa que: Presentar y exponer las clases de manera organizada y estructurada se relaciona con usar diversas estrategias, métodos, medios y materiales de apoyo al aprendizaje adecuados a la asignatura, asimismo se aprecia que existe relación con resolver dudas respecto a las calificaciones de exámenes y/o trabajos, investigaciones, proyectos, ejercicios, etc., mostrando con ello una congruencia entre lo que el docente dice y hace.

Por otro lado utilizar diversas estrategias, métodos, medios y materiales de apoyo al aprendizaje adecuados a la asignatura se relaciona con la comprensión de lo estudiado, la promoción de actividades participativas que permiten colaborar con una actitud positiva, reconocer los éxitos y logros en las actividades de aprendizaje, hacer la asignatura interesante y la congruencia entre el hacer y decir por parte del docente.

Se señala la importancia de que el docente verifique que los educandos hayan comprendido lo estudiado debido a que impacta en el desarrollo de actividades participativas en el aula, propicia el trabajo colaborativo, la generación de actitudes positivas y percibir de forma interesante la asignatura. Se recomienda que los docentes tengan la capacidad de relacionar los contenidos de la asignatura con la industria y la sociedad dado que esto influye en el logro de las actividades de aprendizaje y que la asignatura sea de interés para los educandos. Por último, promover el desarrollo de clases participativas despierta la curiosidad de los estudiantes, la cual se relaciona con el uso de las tecnologías de información y comunicación dado que, son un medio para facilitar el aprendizaje.

4. Evaluación del Aprendizaje

Con base en los resultados de la Tabla 5 se demuestra que la Evaluación del Aprendizaje tiene una correlación positiva considerable con la Preparación y conocimiento de la disciplina, el Desarrollo didáctico y la Motivación.

Evaluar conforme a lo establecido en el Avance programático muestra la congruencia entre lo que el docente hace y dice. Esta dimensión señala la importancia de incentivar a los docentes para que entreguen oportunamente los resultados de las evaluaciones realizadas dentro y fuera del aula escolar, dado que existe una estrecha relación con proporcionar oportunamente la retroalimentación en la revisión de trabajos, investigaciones, proyectos, ejercicios, etc., así como el esclarecimiento oportuno de las dudas. Por último otorgar calificaciones basadas en rúbricas que promueven la objetividad del criterio de evaluación se relaciona con resolver dudas

respecto a las calificaciones de exámenes y/o trabajos de modo comprensible y razonable, asimismo muestra una relación con el reconocimiento de los éxitos y logros en las actividades de enseñanza-aprendizaje.

5. Motivación

Los datos arrojados en la Tabla 5 señalan que la Motivación muestra una relación positiva considerable con la Preparación y conocimiento de la disciplina, el Desarrollo didáctico, la Evaluación del Aprendizaje, los Valores y la relación con el docente e impacta en la Reflexión y el grado de satisfacción que alumno manifiesta.

Esta dimensión tiene un fuerte impacto debido a que toca cinco de las siete dimensiones, las cuales al analizar la relación de los ítems se pudo mostrar que el compromiso y entusiasmo en las actividades docentes influye en el fomento de la curiosidad y el deseo por aprender, detectando congruencia entre lo que se dice y hace. Por otro lado se considera importante que el docente propicie el desarrollo de un ambiente de respeto y confianza, ya que influye en la curiosidad y el deseo por aprender. Mientras que fomentar la curiosidad y el deseo por aprender se relaciona con el reconocimiento de los éxitos y logros en las actividades de aprendizaje, haciendo con ello interesante la asignatura. Sobre este aspecto, Ausubel toma la motivación intrínseca y le da importancia al aprendizaje significativo y toma elementos de las teorías del procesamiento de información para explicar las condiciones internas (Sarmiento Santana , 2007).

6. Valores y Relación con el Docente

Los Valores y la relación con el docente muestran una relación positiva considerable con el grado de Motivación de los educandos.

Por consiguiente promover el uso seguro, legal y ético de la información digital se relaciona con ser respetuoso en sus actitudes y acciones hacia sus alumnos, así como denotar compromiso institucional y profesional. Por otra parte mostrar ética profesional en el aula escolar influye en el respeto que se establece con los educandos en el aula escolar y el denotar compromiso institucional y profesional.

7. Reflexión del Alumno y Grado de Satisfacción

La Reflexión del alumno y grado de satisfacción indica una relación positiva considerable con el grado de Motivación de los educandos, por lo que es importante considerar esta dimensión.

Trabajo a futuro

Dar seguimiento a los resultados de las evaluaciones docentes de los siguientes periodos escolares a fin de elevar la calidad educativa en el posgrado. Contrastar los resultados obtenidos con otras técnicas y métodos que sean factibles de implementarse.

Agradecimientos

A la Universidad del Valle de Orizaba por todas las facilidades brindadas, especialmente a cada uno de los docentes que participan en el Posgrado de dicha institución educativa por su profesionalismo y calidad humana.

Conclusiones

Por lo general, en las instituciones educativas del nivel superior, la evaluación docente se realiza con dos fines: mejorar la calidad de la enseñanza y con un enfoque administrativo (Luna Serrano, 2008). En el Posgrado de la Universidad del Valle de Orizaba se realizan la intención de elevar la calidad educativa de los alumnos de posgrado a través de la evaluación de las competencias docentes a fin de consolidar con base en los resultados un cuerpo de docentes de calidad.

Con base en los resultados se determina que la Planificación del curso impacta en la organización de la asignatura y esclarece la forma de evaluar a los educandos, mientras que la Preparación y conocimiento de la disciplina remarca la importancia del dominio sobre la asignatura, constatando con ello la experiencia del docente en el área, elevando el grado de interés y el deseo por aprender a aprender por parte de los educandos. Asimismo se pudo apreciar que el Desarrollo didáctico sin duda es un elemento clave para la generación de aprendizajes

significativos de los educandos, en éste recae: la organización de la asignatura, la vinculación que el docente realiza con la industria y la sociedad, el uso de diversas técnicas de enseñanza-aprendizaje, la resolución de dudas, la comprensión de lo estudiado que tiene un alto impacto en que el educando perciba la asignatura con interés, despertando con ello la motivación y el deseo por aprender a aprender. Según Ausubel, "(...) existe una relación íntima entre saber cómo aprende un educando y saber qué hacer para ayudarlo a aprender mejor" (Tünnermann Bernheim, 2001).

Por su parte la Evaluación del aprendizaje permite esclarecer a los educandos mediante el Avance programático la forma en la que serán evaluados o bien si se establecerán rúbricas, listas de cotejo o escalas de estimación para su evaluación. Mientras que la Motivación se verá reflejada en los alumnos cuando los docentes muestran compromiso y entusiasmo, propician un ambiente de respeto y confianza lo que sin duda influye en despertar la curiosidad y el interés por aprender por parte de los estudiantes.

Favorecer la motivación requiere que el profesor estimule el interés en el aprendizaje, establezca razonables expectativas de éxito y desarrolle una ayuda adicional (Ospina Rodríguez, 2006). Sin duda una pieza clave dentro del proceso enseñanza-aprendizaje es el docente, dado que es el encargado de potenciar el aprendizaje en los educandos. Uno de los desafíos más grandes e inmediatos que enfrenta el sistema educativo es mejorar la calidad del estamento docente y reconoce en profundidad sus actuales condiciones y características (Arteaga, 2009). Por último, formar en valores exigen al docente una integridad humana: un claro esquema valoral y una gran congruencia entre lo que cree y cómo actúa (Schmelkes, 1995).

Referencias

- Arteaga, I. H. (mayo-agosto de 2009). El docente investigador en la formación de profesionales. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*(27), 1-21.
- de la Orden, A., Asensio Muñoz, I., Carballo, R., Fernández Díaz, J., Fuentes, A., García, J. M., & Guardía, S. (1997). Desarrollo y validación de un modelo de calidad universitaria como base para su evaluación. *RELIEVE*, 3(1). Recuperado el 12 de junio de 2015, de http://www.uv.es/RELIEVE/v3n1/RELIEVEv3n1_2.htm
- Luna Serrano, E. (2008). Evaluación en contexto de la docencia en posgrado. *Reencuentro*(53), 75-84. Recuperado el 10 de julio de 2015, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34005307>
- Marcano, N., Aular de Durán, J., & Finol de Franco, M. (2009). *Omnia*, 15(3), 9-30. Recuperado el 6 de julio de 2015, de <http://www.redalyc.org/pdf/737/73712297002.pdf>
- Mendivil Zuñiga, T. (2002). *Cómo administrar mejor una institución educativa*. Colombia: Reprograf.
- Ospina Rodríguez, J. (octubre de 2006). La motivación, motor del aprendizaje. *Revista Ciencias de la Salud*, 4(Esp.), 158-160. Recuperado el 13 de julio de 2015, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56209917>
- Rueda Beltrán, M. (2008). La evaluación del desempeño docente en la universidad. *Revista Electrónica de Investigación Educativa, Especial*, 1-15. Recuperado el 15 de junio de 2015, de <http://redie.uabc.mx/index.php/redie/article/view/196>
- Sampieri, R. H. (2009). *Metodología para la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Sarmiento Santana, M. (2007). La Enseñanza de las Matemáticas y las NTIC. Una estrategia de formación permanente. España. Recuperado el 13 de julio de 2015, de http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8927/D-TESIS_CAPITULO_2.pdf?sequence=4
- Schmelkes, S. (1995). La calidad educativa y la formación de docentes. *Sinéctica*(7). Recuperado el 12 de julio de 2015, de http://sinectica.iteso.mx/assets/files/articulos/07_la_calidad_educativa_y_la_formacion_de_docentes.pdf
- Tünnermann Bernheim, C. (2001). *El Rol del docente en la educación superior del siglo XXI*. Caracas. Recuperado el 13 de julio de 2015, de http://www.ucyt.edu.ni/Download/EL_ROL_DEL_DOCENTE_EN_LA_E_S_DEL_SIGLO_XXI.pdf
- Vásquez-Rizo, F. E., & Gabalán-Coello, J. (2012). La evaluación docente en posgrado: variables y factores influyentes. *Educación y Educadores*, 15(3), 445-460. Recuperado el 20 de julio de 2015, de <http://www.redalyc.org/pdf/834/83428627006.pdf>

El impacto de las tecnologías de la información y comunicaciones en el quehacer docente

H. Sánchez Baca^{1*}, M. C. Macías González¹, J. Carreño Camacho¹

¹Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, Av. Nopaltepec s/n. Fracción La Coyotera del Ejido de San Antonio Cuamatla, C.P. 54740, Estado de México, México

*hugo.sanchez@tesci.edu.mx

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

Actualmente la presencia de soluciones tecnológicas aplicadas a múltiples situaciones en el mundo desarrollado parece algo habitual y es aceptado como el resultado de una progresión lógica de la tecnología en la mayoría de los campos de la actividad humana. La incorporación de nuevas tecnologías en la educación actual, enriquece los ambientes de aprendizaje, la transformación de las prácticas educativas, de las estructuras curriculares y favorece la realización de material complementario.

La propuesta de este proyecto consiste en integrar tecnología en el aula y preparar el material didáctico y formatos necesarios para llevar al estudiante al aprendizaje significativo, mediante el diseño de formatos de evaluación, rúbrica, lista de cotejo, etc. del modelo por competencias con la finalidad de realizarlo de manera institucional.

Palabras clave: TIC, Procesos, Automatización, Docentes.

Abstract (150 words at most)

Currently the presence of technological solutions applied to multiple situations in the developed world seems commonplace and accepted as the result of a logical progression of technology in most fields of human activity. The incorporation of new technologies in education today, enriched learning environments, the transformation of educational practices of the curriculum frameworks and advances the implementation of supplementary material.

The purpose of this project is to integrate technology in the classroom and prepare teaching materials and formats required to take the student to a significant learning through evaluation forms design, scroll, checklist, etc. competency model in order to do it institutionally.

Antecedentes

En el siglo XXI, con la globalización y el crecimiento tecnológico que tiene un incremento significativo en todo el mundo, uno de los factores que determina el éxito de cualquier negocio o institución pública o privada es la rapidez con la que pueda realizar sus procesos sin perder la calidad y por supuesto disminuir la posibilidad y el riesgo de errores. Motorizar o industrializar dichos procesos le permite a las instituciones alcanzar sus objetivos.

En los sistemas educativos de todo el mundo la incorporación de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) se presenta como un reto necesario para ofrecer a los alumnos herramientas tecnológicas y las competencias que se requieren en el siglo XXI. Desde los años noventa hasta la actualidad, se han ido incorporando nuevos recursos tecnológicos que ponen de manifiesto la necesidad de reconceptualizar los procesos y modelos tradicionales de enseñanza y aprendizaje.

En el año de 1998, la UNESCO es su intitulado "Informe Mundial sobre la Educación: Los docentes y la enseñanza en un mundo en mutación" describió el impacto de las TIC en los métodos convencionales de enseñanza y de aprendizaje, augurando también la transformación del proceso de enseñanza-aprendizaje y la forma en que docentes y alumnos acceden al conocimiento y la información.

Con la llegada de las TIC, el énfasis de la profesión docente está cambiando; el enfoque utilizado por generaciones pretéritas en donde el docente se mantenía como el centro de la cátedra; y éste se basaba en prácticas alrededor del pizarrón y el discurso, se ha regenerado en clases magistrales, inclinándose hacia una formación centrada principalmente en el alumno dentro de un entorno interactivo de aprendizaje.

El uso de TICS incide de manera significativa en todos los niveles educativos, la Internet, los dispositivos electrónicos y las telecomunicaciones están presentes en la sociedad. Las generaciones jóvenes van asimilando de manera natural esta nueva cultura en formación, en la que el cambio y el aprendizaje constituyen una norma generalizada en los últimos años.

El uso de TICS admite nuevas posibilidades y nuevos formatos educativos ya que, al permitir aprender de forma interdisciplinar y abierta, hace posible romper las barreras limitadoras de las disciplinas curriculares. Estos nuevos contextos formativos exigen cambios en las competencias y los roles del profesor, y plantean una serie de nuevas situaciones y desafíos a la comunidad educativa, que se hace imprescindible analizar.

La incorporación de las TICS a la educación ha venido marcada, tradicionalmente, más por la tecnología que por la pedagogía y la didáctica. En la escuela, al igual que en otros ámbitos, el uso creciente de las tecnologías ha estado dictado por su evolución y desarrollo, y, aunque se han aplicado a la educación desde mucho tiempo atrás, es a partir de los años ochenta cuando comienza su generalización.

La aparición de los ordenadores personales a principios de los años ochenta y el acceso a redes de telecomunicaciones especializadas gracias a Internet hicieron posible el intercambio y acceso mundial a fuentes de información, generando con ello importantes cambios en el ámbito educativo.

En la actualidad, resulta impensable abandonar a los jóvenes en la cultura global de la comunicación sin formarlos acerca de cuándo, cómo y por qué usar las tecnologías emergentes. El desarrollo de conceptos como "aprendizaje a lo largo de toda la vida", "aprender a aprender", etc., han supuesto que la institución escolar deba modificar los roles tradicionales del profesor y del alumno, y que, en muchos casos, comiencen ya a concretarse en criterios estandarizados y generales.

Cabe decir la forma en la cual las tecnologías abrieron paso muy rápidamente en este ámbito de la educación y como desde el uso de la radio en las escuelas se ha visto un progreso significativo hasta llegar a usar diferentes herramientas mucho más avanzadas como son la plataformas educativas y como irá avanzando en la evolución de nuevas tecnologías con más flexibilidad.

La creación de instituciones de educación superior como son los Tecnológicos de Estudios Superiores, se mantiene con un crecimiento constante a nivel nacional, este hecho permite satisfacer las necesidades de la población que desea estudiar una licenciatura. Al mismo tiempo se presenta la necesidad de contar con procesos ágiles que permitan atender a un número considerable de alumnos.

La creación del TESCO obedeció a dar respuesta a la necesidad de planteles formadores de profesionistas que encaucen en solventar la demanda de especialistas en los ramos de la ciencia, la tecnología y la investigación. En este aspecto es importante mencionar que la labor y el quehacer docente que cada uno de ellos debe realizar a lo largo del periodo semestral se desarrolla de manera anticuada, copiando y distribuyendo formatos por email o de par en par esto da pie a que exista un nivel de inequidad en dicho quehacer docente.

A continuación se presenta el objetivo principal de este proyecto que consiste en construir un Sistema de Información (SI) basado en tecnología Web que permita automatizar las fases que se llevan a cabo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de modo que la gestión de la información relacionada con los alumnos, los docentes y las jefaturas se mantenga actualizada y disponible en el momento que se requiera.

Como parte adjunta al objetivo general a continuación se menciona uno de los objetivos específicos de este trabajo, que se encuentra en relación a propiciar el buen manejo y control de los expedientes de los profesores, así como reducir el tiempo de respuesta en cada uno de los procedimientos que se deben llevar a cabo en el proceso administrativo.

Metodología

La importancia de automatizar los procesos que lleva a cabo cualquier institución de educación se ha convertido en pieza fundamental para alcanzar ventajas competitivas y contribuir a que su estructura operacional se encuentre cada vez más alineada con las necesidades que exige el mercado laboral. En este aspecto la gestión de procesos y el desarrollo de nuevas metodologías tecnológicas permiten la inclusión de formas innovadoras de gestión de los procesos de una institución.

La implantación de una metodología de gestión de procesos en una institución de educación, involucra la estructuración de una táctica en la que los procesos y la aplicación de una herramienta de corte tecnológico se complementen como uno solo para de este modo brindar la solución a las problemáticas detectadas y sobre todo a llevar a cabo dicho proceso con mayor rapidez y eficacia.

Para poder crear e implementar un SI es necesario tener una visión general de la aplicación que se va a construir y así tratar la complejidad de ésta con una técnica adecuada. A continuación se presenta la metodología utilizada para el desarrollo de la plataforma en cuestión.

Fase 1: Análisis y conocimiento de las necesidades y requerimientos para el desarrollo del proyecto.

Fase 2: Búsqueda de software y exploración de las herramientas a utilizar.

Fase 3: Instalación del equipo de cómputo con el software requerido

Fase 4: Planeación y realización de los algoritmos necesarios para el desarrollo del proyecto

Fase 5: Diseño y programación de la página web que servirá de base para el material multimedia a desarrollar.

Fase 6: Desarrollo de las aplicaciones y secuencias del material multimedia para la enseñanza-aprendizaje de las asignaturas en consideración.

Fase 7: Pruebas del funcionamiento de la página y las aplicaciones desarrolladas.

Fase 8: Corrección de posibles errores y adaptaciones necesarias.

Fase 9: Última prueba y ejecución de la página corregida.

Fase 10: Presentación del proyecto.

Dentro de las fases identificadas para el desarrollo de este proyecto, de primera instancia se plantea el campo de trabajo de interés, tomando en cuenta las necesidades y requerimientos del mismo. Se realiza un estudio de factibilidad con el objetivo de visualizar los recursos con los que cuenta la Institución y con los que no. Además de verificar los recursos materiales se debe analizar el recurso humano con el que se dispone. Realizar una revisión de perfiles de las personas que laboran en el TESCO permitió llevar a cabo la selección del equipo de trabajo más adecuado para el desarrollo de este proyecto.

Después de haber realizado el estudio de factibilidad y la selección de las personas que conforman el equipo humano, la fase 2 de la metodología utilizada se enfoca a la búsqueda del software más adecuado y las herramientas necesarias que favorezcan el trabajo y así lograr la cometido del proyecto.

Posterior a la instalación del software necesario; en la fase 3 fue necesaria la puesta en marcha del trabajo colectivo de los expertos previamente seleccionados de tal modo que inicio el trabajo con la planeación y realización de los algoritmos necesarios para el desarrollo del proyecto y la asignación de tareas específicas para cada uno de los miembros, de tal modo que como primer punto se decide iniciar con el diseño del sitio web que fungirá como plataforma para los contenidos interactivos. A la par se inicia con el desarrollo del material multimedia, todo esto propuesto en la fase 4 y 5 respectivamente.

La fase 6, "Desarrollo de las aplicaciones y secuencias del material multimedia para la enseñanza-aprendizaje" es considerada la etapa clímax del proyecto, dado que es en este punto donde se analiza principalmente el contexto en el que los alumnos se van a estar desarrollando a lo largo del curso y considerando los diferentes métodos con los que ellos aprenden, se clasifica a los estudiantes como: auditivos, visuales y kinestésicos

mayormente y se busca desarrollar actividades o estrategias que permitan cubrir esta diversidad, de modo que cualquiera de ellos esté conforme con el ambiente de aprendizaje propuesto.

Las fases 7 y 8 están comprendidas como un ciclo de retroalimentación continua, con la finalidad de desarrollar el material más adecuado. La “última” prueba y ejecución de la página da pie a realizar adaptaciones que durante el desarrollo del proyecto se han presentado y que se consideran relevantes para lograr la finalidad del sitio web.

El proyecto se ha puesto en marcha en una intranet y de manera piloto para las actividades docentes: “Planeación didáctica” y “Encuadre Grupal”. Cabe mencionar que se trabaja con una muestra de 22 docentes pertenecientes a las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería en Gestión Empresarial y Contador Público que son ofertadas en el TESCO.

Discusión de Resultados

La parte que sustenta este proyecto es la utilización de las nuevas tecnologías y en este caso al incursionar en la instauración de espacios virtuales y aprovechando toda la infraestructura que brinda la Internet se decidió implementar una plataforma educativa que se encuentre alojada en un sitio dentro de la Web, en donde se coloque a disposición de todos los docentes las herramientas desarrolladas por el equipo de trabajo previamente seleccionado.

Además estos sistemas tecnológicos proporcionan a los docentes espacios de trabajo compartidos, destinados al intercambio de contenidos e información debido a que incorporan herramientas de comunicación (chats, correos, foros de debate, videoconferencias, blogs, etc.) y en muchos casos, cuentan con un gran repositorio de objetos digitales de aprendizaje desarrollados por terceros, así como con herramientas propias para la generación de recursos.

Esto permitirá al profesor contar con un espacio virtual en Internet donde sea capaz de colocar todos los materiales de su curso, enlazar otros, incluir foros, wikis, recibir tareas de sus alumnos, desarrollar cuestionarios, promover debates, chats, obtener estadísticas de evaluación y uso a partir de un diseño previo que le permita establecer actividades de aprendizaje y que ayude a sus estudiantes a lograr las competencias que éste debe alcanzar.

El diseño de las plataformas educativas está orientado fundamentalmente a dos aplicaciones: la educación a distancia (proceso educativo no presencial) y como un apoyo complementario de la educación presencial. Se pueden utilizar también para crear espacios de discusión y construcción de conocimiento de grupos de investigación o para la implementación de comunidades virtuales y redes de aprendizaje de grupos unidos en torno a una temática de interés.

Atendiendo a las funciones como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje, algunas de las más destacadas están relacionadas con:

- Instrumento para la gestión administrativa y tutorial.
- Fuente abierta de información y recursos académicos.
- Herramienta para la orientación, el diagnóstico y el seguimiento de estudiantes.
- Instrumento cognitivo que apoya procesos de construcción del conocimiento.
- Medio de expresión y creación multimedia.
- Instrumento didáctico y de evaluación que proporciona interacción con el alumno, reducción de tiempos y costes y sobre todo la posibilidad de seguir la evolución del alumno.
- Canal que facilita la comunicación interpersonal y el intercambio de ideas y materiales en un entorno colaborativo.
- Espacio generador y soporte de nuevos espacios formativos.

Una plataforma educativa virtual, es un entorno informático en el que se encuentran muchas herramientas agrupadas y optimizadas para fines de docencia. Su función es permitir la creación y gestión de cursos completos para Internet sin que sean necesarios conocimientos profundos de programación.

Conclusiones

El conocimiento, como nunca antes, se ha convertido en un factor crítico para el desarrollo tecnológico, ha llevado a la humanidad a una revolución tecnológica que no solo ha transformado el sector productivo, sino también, la estructura social. Los avances que tienen la ciencia y la tecnología están encaminados a propiciar mayor bienestar y sobre todo progreso socioeconómico, pero es cierto que también producen cambios en las relaciones humanas.

El rápido desarrollo de la tecnología ocasiona que los seres humanos vivan en un ciclo acelerado de innovación y cambios tecnológicos que, en definitiva, modifican la forma de interactuar de la sociedad. Debido a los cambios en las relaciones interpersonales que puede causar la innovación tecnológica, es importante mencionar que algunos aspectos pueden repercutir en la comunidad del TESCO al contar con la automatización de procesos del quehacer docente.

Sin lugar a dudas la existencia de la tecnología incrementa el conocimiento y contribuye al bienestar del hombre. En este aspecto cabe aclarar que con la implementación del SI se pretende disminuir considerablemente la carga de trabajo de los docentes sin dejar de lado la calidad con la que deben enseñar sino al contrario haciendo uso de la tecnología incrementar las aptitudes de la comunidad estudiantil.

El diseño e implementación de programas de capacitación docente que utilicen las TIC efectivamente son un elemento clave para lograr reformas educativas profundas y de amplio alcance. Las instituciones de formación docente deberán optar entre asumir un papel de liderazgo en la transformación de la educación, o bien quedar atrás en el continuo cambio tecnológico. Para que en la educación se puedan explotar los beneficios de las TICS en el proceso de aprendizaje, es esencial que tanto los futuros docentes como los docentes en actividad sepan utilizar estas herramientas.

Para poder lograr un serio avance es necesario capacitar y actualizar al personal docente, además de equipar los espacios escolares con aparatos y auxiliares tecnológicos, como son televisores, videograbadoras, computadoras y conexión a la red.

La adecuación de profesores, alumnos, padres de familia y de la sociedad en general a este fenómeno, implica un esfuerzo y un rompimiento de estructuras para adaptarse a una nueva forma de vida; así, la escuela se podría dedicar fundamentalmente a formar de manera integral a los individuos, mediante prácticas escolares acordes al desarrollo humano.

En este orden de ideas, Palomo y otros (2006) sostienen que las TIC se están convirtiendo poco a poco en un instrumento cada vez más indispensable en los centros educativos. Asimismo estos autores señalan que estos recursos abren nuevas posibilidades para la docencia como por ejemplo el acceso inmediato a nuevas fuentes de información y recursos (en el caso de Internet se puede utilizar buscadores), de igual manera el acceso a nuevos canales de comunicación (correo electrónico, Chat, foros) que permiten intercambiar trabajos, ideas, información diversa, procesadores de texto, editores de imágenes, de páginas Web, presentaciones multimedia, utilización de aplicaciones interactivas para el aprendizaje: recursos en páginas Web, visitas virtuales.

De igual manera tienen una serie de ventajas para el alumnado evidentes como: la posibilidad de interacción que ofrecen, por lo que se pasa de una actitud pasiva por parte del alumnado a una actividad constante, a una búsqueda y replanteamiento continuo de contenidos y procedimientos, también aumentan la implicación del

alumnado en sus tareas y desarrollan su iniciativa, ya que se ven obligados constantemente a tomar "pequeñas" decisiones, a filtrar información, a escoger y seleccionar.

Es importante destacar que el uso de las TICS favorecen el trabajo colaborativo con los iguales, el trabajo en grupo, no solamente por el hecho de tener que compartir ordenador con un compañero o compañera, sino por la necesidad de contar con los demás en la consecución exitosa de las tareas encomendadas por el profesorado. La experiencia demuestra día a día que los medios informáticos de que se dispone en las aulas favorecen actitudes como ayudar a los compañeros, intercambiar información relevante encontrada en Internet, resolver problemas a los que los tienen. Estimula a los componentes de los grupos a intercambiar ideas, a discutir y decidir en común, a razonar el por qué de tal opinión.

El sistema en cuestión permite tener los datos digitalizados, así también contar con una buena administración de los mismos, ya que la seguridad, escalabilidad y fiabilidad, aparte de ser práctico y funcional para el docente que lo utilice y con ello alcanzar el objetivo de ofrecer un servicio de calidad a los alumnos y que el personal administrativo pueda llevar correctamente los procesos que a ellos competen.

En el ámbito escolar, el modo tradicional de llevar a cabo los diferentes procesos que un docente de una Institución de Educación Superior (IES) debe realizar, como son: planear sus cátedras, evaluar, ejemplificar, etc, conlleva al hecho de utilizar una cantidad de tiempo considerable. Es cierto que este tipo de procesos no pueden ser omitidos y que la forma correcta de realizarlos lleva a cualquier IES a alcanzar sus objetivos.

Con la llegada de la informática las IES han invertido grandes esfuerzos por llevar a cabo la optimización de sus procesos pues tienen claro que cada proceso implica el hecho de generar esfuerzo humano y de ahí la idea de llevar a cabo la automatización y control de los procesos para facilitar y disminuir el tiempo en las tareas de ejecución y disminuir los márgenes de errores humanos.

Formalmente este SI mantiene informados a los alumnos de las fechas de entrega de evidencias y de toda la documentación que deben entregar, a los docentes les proporciona la información relacionada al avance que mantienen cada uno de los alumnos a los que asesoran. Esta herramienta fue diseñada para facilitar la experiencia del usuario y sobre todo para automatizar los procesos del quehacer docente.

Referencias

1. Alas A, et al. (2002). Las tecnologías de la información y de la comunicación en la escuela. Barcelona: GRAÓ.
2. Bartolomé, A. Grané, M. (2004). Educación y tecnologías: de lo excepcional a lo cotidiano. Aula de innovación educativa, 135, 9-11.
3. Castro, C. y Roa, G. (2003). Educación y virtualidad. Educación Hoy, pp. 11-15
4. Camacho, J. (2011). Aplicación de Tecnologías de la Información, tesis de maestría no publicada, México, UTM
5. Carnoy, M (2004). Las TIC en la enseñanza: Posibilidades y Retos. Consultado en Mayo 8,2007 en <http://www.uoc.edu/inaugural04/esp/carnoy1004.pdf>.
6. Ceballos, F.(2006). Java 2 Curso de Programación. España: Alfaomega.
7. Equipo 3, (27 de Abril de 2013). Implementación de un aula virtual en una escuela de nivel medio superior. Recuperado 22 de Enero 2014, disponible en <http://generacion19ete-eq3.blogspot.mx/>
8. Genatios, C (2004). Ciencia y tecnología en América Latina. Caracas: Ediciones Oficina De Planificación Universitario
9. Joyanes, L. Zahonero, I. (2006). Programación en Java 2. Madrid: McGraw-Hill.
10. Henríquez M (2002). Estrategias Didácticas En el Uso de la Información y la Comunicación. Acción Pedagógica, 11, 13-14.
11. Macias, C. (2012). Uso de las nuevas tecnologías en la formación matemática de ingenieros, tesis de maestría no publicada, México, CICATA-IPN
12. Menayo M^a, Quicios M^a (coord.).(2005). La educación en el siglo XXI Nuevos Horizontes. Madrid: Dykinson.

13. Nichols, R. G. (1994): Searching for Moral Guidance about Educational Technology. Educational Technology, February, pp. 40 a 48.
14. Pérez, G (2000) Impacto de las TIC en educación: funciones y limitaciones. Consultado en 02/04/2007 en <http://www.dewey.uab.es/pmarques/siyedu.htm>.
15. Ramírez, J.D. (1995): Usos de la palabra y sus tecnologías. Buenos Aires, Miño y Dávila Editores.
16. Sánchez, H. (2014). Sistema de Gestión de Residencias, tesis de maestría no publicada, México, UPVM.
17. UNESCO (2004). Importancia de las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje Consultado el 22 de enero 2014. Disponible en <http://coleccion.educ.ar/coleccion/CD22/mt/formaciondocente.html> .

Transposiciones sucesivas: Del contexto ingenieril al aula de matemáticas

M.C. Macias González¹ y A. Romo Vázquez²

¹Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, Av. Nopaltepec s/n, Fracción la Coyotera del ejido San Antonio Cuamatla, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, C.P. 54748

²Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN, Calzada Legaria No. 694, Miguel Hidalgo, Irrigación, 11500 Ciudad de México, D.F.
consuelo.macias@tesci.edu.mx

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

En la actualidad la modelación matemática ha ido ocupando un lugar importante tanto en los planes y programas educativos como en la investigación. Con el objetivo de reconocer modelos matemáticos en uso dentro de un área ingenieril, los cuales pudieran ser retomados en el diseño de las actividades y llevarlos al aula, se está desarrollando un trabajo colaborativo con ingenieros-investigadores en el área biomédica, con el método de la Separación Ciega de Fuentes (Blind Sources Separation –BSS), transponiéndolo así, con el objetivo de constituir un contexto extra-matemático propicio para el diseño de actividades didácticas, dicho de otra manera, donde el lenguaje ingenieril fuera modificado (transpuesto) para hacer más transparente la manera en que los modelos serán utilizados, las tareas en juego y las técnicas que intervenían lleguen al aula.

Palabras clave: transposiciones, modelación, extra-matemático.

Abstract

At present the mathematical modeling has been occupying an important place in both the plans and educational programs and research. In order to recognize mathematical models used within an engineering area, which could be taken up in the design of activities and bring to the classroom, it is developing a collaborative work with engineers - researchers in the biomedical area, the method of Blind Source Separation (Blind Sources Separation -BSS) and transposing it, in order to form an extra-mathematical environment for designing educational activities, in other words, where the language was modified engineering (rollover) context to more transparent way in which the models will be used, the tasks involved and intervening techniques reach the classroom.

Introducción

Una de las razones que orientan a este trabajo es ¿por qué la modelización matemática puede tener lugar en una formación de futuros ingenieros sin tener las bases necesarias? Este cuestionamiento general puede sustentarse a partir del análisis de diversas investigaciones. Podemos considerar trabajos de Pollak (1988), Bissell y Dillon (2000), Bissell (2002, 2004), Kent y Noss (2002). Estos trabajos son considerados para analizar el rol que se le ha dado a la modelización matemática en la formación y/o en la práctica de ingenieros. Con el objetivo de situar la problemática para una formación específica de ingenieros se consideró el Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli (TESCI) y más en particular se analizó el curso de álgebra lineal del plan de competencias. Tanto los análisis de las investigaciones mencionadas anteriormente como el del curso de álgebra lineal nos permitieron centrar nuestra investigación hacia el diseño de actividades didácticas basadas en modelización matemática.

En esta propuesta de trabajo de investigación se avoca al diseño de actividades didácticas basadas en la modelación matemática. Dichas actividades están diseñadas para ser parte de una formación matemática de futuros ingenieros. Con el objetivo de reconocer modelos matemáticos en uso dentro de un área ingenieril, los cuales pudieran ser retomados en el diseño de las actividades, se desarrolló un trabajo colaborativo con ingenieros-investigadores en el área biomédica. Este trabajo nos permitió primeramente identificar el método de la Separación Ciega de Fuentes (Blind Sources Separation –BSS) en el cual se

utilizan vectores y matrices. Este método fue transpuesto con el objetivo de constituir un contexto extra-matemático propicio para el diseño de actividades didácticas.

Es decir, se describió no desde el punto de vista del ingeniero que lo utiliza sino desde el punto de vista del matemático educativo que reconoce las características de los modelos en uso y su posible lugar en un programa de formación. Por ejemplo, los ingenieros estudian las fuentes cerebrales a través de “señales” que matemáticamente son, al menos en el caso considerado, funciones vectoriales.

El método de la BSS transpuesto fue presentado junto con una herramienta metodológica para el diseño de actividades didácticas en un curso del Programa de Matemática Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN. Una de las tareas del curso consistía en el diseño de actividades didácticas basadas en el contexto extra-matemático del método BSS. Un análisis de algunas actividades presentadas por los profesores nos permitió dar cuenta de dos elementos:

1. El contexto de la BSS sufrió una nueva transposición efecto de una adaptación a cierto nivel educativo
2. Las actividades propuestas pueden constituir una buena base para el diseño de secuencias didácticas

Fundamentación y método

Diferentes trabajos en Matemática Educativa han puesto de manifiesto que reconocer las necesidades matemáticas de los ingenieros en su práctica profesional constituye una fase necesaria para la adaptación de la formación básica de ingenieros (Pollak, 1988; Kent y Noss, 2002; Bissell y Dillon 2000; Romo-Vázquez, 2009). Por otra parte, el paradigma teoría-modelación matemática que parece dibujarse en la contribución de Pollak al estudio ICMI 3 publicado en 1988, solicita el desarrollo de actividades didácticas basadas en modelación matemática para la formación de ingenieros. Es por ello, que basados en el modelo praxeológico extendido (Castela y Romo, 2011) hemos desarrollado una metodología para el diseño de actividades de modelación matemática.

Una de las fases de esta metodología consiste en la elección de un contexto extra-matemático para el análisis de modelos matemáticos que puedan ocupar un lugar en la formación de ingenieros. Una vez elegido el contexto, diferentes transposiciones deben ocurrir antes de lograr el diseño de una secuencia didáctica que pueda ser llevada al aula.

Presentamos a continuación un esquema de las fases metodológicas para diseñar actividades de modelación una vez elegido el contexto extra-matemático que en este caso es el área de ingeniería biomédica.

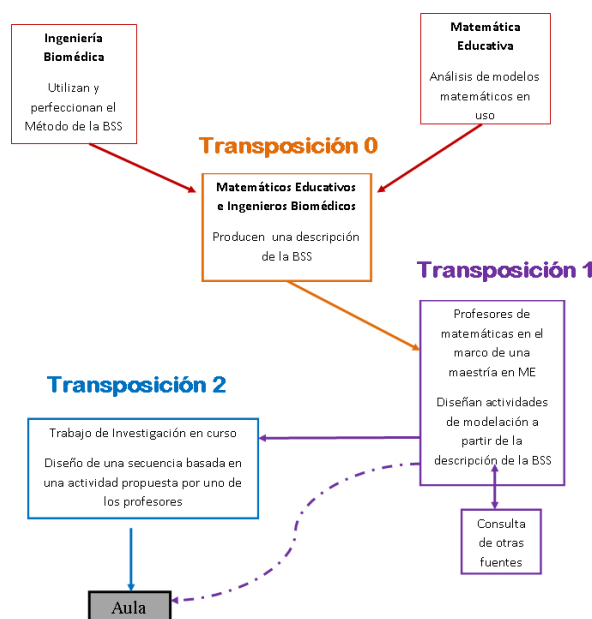


Fig. 1 Esquema de procesos transpositivos para el diseño de actividades de modelación

Del área de ingeniería biomédica al aula: diseño de actividades didácticas

En el primer recuadro del esquema aparece el contexto ingenieril del área biomédica, específicamente el que nosotros consideramos se dedica al estudio de la actividad eléctrica del organismo y más particularmente al del cerebro a través del registro de señales electrofisiológicas. Las señales registradas permiten, en un trabajo de clínica, determinar el estado de salud de las personas. Para fines clínicos el interés está en conocer las fuentes de origen cerebral, sin embargo el registro sólo muestra la mezcla de las diversas fuentes. Sin ningún conocimiento a priori de las fuentes cerebrales, solucionar este problema resulta una tarea muy complicada a resolver. La pregunta que emerge es, ¿por qué analizar/transponer este contexto resulta interesante para el diseño actividades didácticas basadas en modelación? Lo interesante de realizar el diseño de actividades didácticas considerando modelos matemáticos utilizados realmente por ingenieros (a diferencia de muchos problemas que se tratan en el aula como problemas de aplicación) reconociendo que un análisis de su uso y diferentes transposiciones son necesarias para poder llevarlo al aula.

Para lograr lo anterior, el trabajo con expertos del área ingenieril es necesario debido a que son ellos los que validan, en cierta medida, la transposición que se hace del contexto de uso y del mismo uso de los modelos. Comúnmente el trabajo que se realiza es del aula hacia el exterior, es decir, de lo teórico a lo práctico. En el esquema propuesto consideramos un sentido distinto y partimos del contexto de uso al aula, por lo que la interacción con especialistas que poseen tanto conocimientos teóricos como prácticos se vuelve necesario y da lugar a lo que hemos denominado como transposición 0.

Transposición 0

En esta etapa del esquema entran en juego representantes de dos instituciones, la Ingeniería Biomédica y la Matemática Educativa, que tendrán la tarea de producir una descripción del contexto de uso, en este caso del método de Separación Ciega de Fuentes (BSS). La descripción servirá para conformar un contexto extra-matemático base para el diseño de actividades didácticas de modelación. Para lograr la descripción deseada es necesario un trabajo colaborativo entre ingenieros y matemáticos educativos, produciendo un mismo código, es decir expresar en un mismo lenguaje los diferentes conceptos, modelos, técnicas matemáticas y no matemáticas en juego.

Transposición 1

Los profesores de la maestría tendrán para diseñar actividades didácticas basadas en modelación dos documentos: el contexto extra-matemático (resultado de la transposición 0) y una metodología para diseñar las actividades. En la cual se pide que se identifiquen las praxeologías mixtas (tareas no matemáticas, técnicas matemáticas, tecnologías –matemáticas y no matemáticas y una componente teórica si posible) que pueden ser parte del contexto extra-matemático y la manera en que podrían ser parte de una actividad didáctica. Basados en estos documentos y consultando todas las fuentes a su alcance los profesores realizan una transposición 2 del contexto extra-matemático, como se muestra en el siguiente enunciado de una de las actividades propuestas:

Un automovilista, analiza una de las curvas de un circuito, en el recorrido de prácticas, y le dice a su ingeniero, que quiere saber, como se vería la curva en el plano, con los vectores marcados, la rapidez, necesaria en cada uno de los tiempos dados, y el vector aceleración. El ingeniero averigua, que la curva tiene la siguiente función $r(t) = (2t - 3)i + (3 + 4t - t^2)j$; los tiempos en los cuales debe hallar la velocidad y aceleración $t = -1, 0.5, 2, 3$ y 4 .

Puede notarse cómo el contexto es completamente distinto, pero el principio del método de la BSS se mantiene, aunque en este extracto no pueda apreciarse.

Transposición 2

En este proceso de transposición se encuentra el trabajo de investigación en curso y parte de la actividad propuesta, hasta convertirla en una secuencia didáctica para ser llevada al aula. Aunque se lleva un avance dentro de la actividad, su diseño debe considerarse meticuloso, ya que se requiere llevar al alumno de la mano, paso a paso, contemplando el obtener una solución al problema planteado y que el estudiante llegue al aprendizaje significativo.

CONCLUSIONES

Con el objetivo de buscar que los modelos analizados en contextos ingenieriles, como es el caso de la ingeniería biomédica, se han adaptados a las condiciones de enseñanza al nivel superior se generó una metodología. Dicha metodología está basada en el modelo praxeológico extendido, con el objetivo de probar esta metodología se presentó junto con el contexto transpuesto de la BSS en un curso.

La secuencia que se está generando para ser parte de una formación de ingenieros en un curso de Álgebra Lineal, se está haciendo uso de funciones vectoriales y más especialmente los conceptos de vector posición, vector velocidad y vector aceleración son elementos de las praxeologías mixtas que componen la secuencia y nos parece que las tareas propuestas permiten darles un sentido a partir del estudio de trayectorias. Dicha secuencia tuvo una primera fase de prueba programa de maestría en Matemática Educativa y no fue posible todavía emplearla con estudiantes, futuros ingenieros siendo este el objetivo inicial desde su diseño. Sin embargo, se considera que esta primera experimentación nos permitió conocer potencialidades y límites de dicha secuencia para así llevar a cabo modificaciones requeridas en cada una de las tareas solicitadas.

El uso de una herramienta tecnológica es considerada para poder generar diferentes técnicas de solución para la misma tarea, lo que consideramos es un elemento que debe ser analizado para mejorar la secuencia. Asimismo consideramos que el análisis del uso de Geogebra en la realización de las tareas puede y debe ser profundizado para conocer el rol que está jugando y cómo puede potenciarse la modelación a partir de nuevas tareas.

Consideramos que este trabajo sienta las bases para desarrollar actividades didácticas basadas en modelación, ofreciendo pistas metodológicas interesantes como son el análisis de modelos matemáticos en uso, la metodología para el diseño de actividades, el involucramiento de profesores de matemática en el diseño y el desarrollo de secuencias didácticas en el marco de una investigación. Este programa metodológico fue apenas propuesto en este trabajo, pero consideramos que futuras investigaciones deben generarse para fortalecerlo.

Bibliografía

1. Alberti, M., Amat, S., Busquier, S., Romero, P. y Tejada, J. (2010). Mathematics for Engineering and Engineering for Mathematics. Actas de la Conferencia del estudio ICMI 20 Educational Interfaces between Mathematics and Industry. <http://co122w.col122.mail.live.com/default.aspx?wa=wsignin1.0>
2. Bissell, C. C. & Dillon, C. (2000). Telling tales: models, stories and meanings. *For the Learning of Mathematics*, 20(3), 3-11.
3. Bissell, C.C. (2002). Histoires, héritages et herméneutique (la vie quotidienne des mathématiques de l'ingénieur, *Annales des Ponts et Chaussées*, 107-8, 4-9
4. Blum, W. Galbraith, L., Henn, H. y Niss, M. (2007) *Modelling and Applications in Mathematics Education*. New York: Springer
5. Castela C. et Romo-Vázquez, A. (2011). Des mathématiques a l'automatique : étude des effets de transposition sur la transformée de Laplace dans la formation des ingénieurs. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 31(1). 79-130
6. Chevallard, Y. (1999). El análisis de las prácticas docentes en la Teoría Antropológica de lo Didáctico. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19 (2), 221- 266.
7. Congedo, M., Gouypailler, C. & Jutten, C. (2008). On the blind source separation of human electroencephalogram by approximate joint diagonalization of second order statistics. *Clinical Neurophysiology*, 119(12). 2677-2686
8. Kachenoura, A. (2006). *Traitement Aveugle de Signaux Biomédicaux. Traitement du signal et telecommunications*, L'Université de Rennes 1, France.

9. Kent, P., & Noss, R. (2002) The mathematical components of engineering expertise : The relationship between doing and understanding mathematics. Proceedings of the IEE Second Annual Symposium on Engineering Education: Professional Engineering Scenarios 2 (pp.39/1 -39/7). London U.K.
10. Kent, P. (2007), Learning Advanced Mathematics: The case of Engineering courses. contribution to the NCTM Handbook chapter: Mathematics thinking and learning at postsecondary level. In Lester, K., F. (Ed.), Second handbook of research on 88 mathematics teaching and learning: a project of the National Council of Teachers of Mathematics. (pp. 1042-1051). Charlotte, NC: Information Age Pub
11. Howson, G., Kahane, J. P., Lauginie, P., de Turckheim E. (Eds.) (1988). Mathematics as a Service Subjec. Cambridge : Cambridge University Press (Series : ICMI Study).
12. Macias, C. (2012). Uso de las nuevas tecnologías en la formación matemática de ingenieros (Tesis de maestría no publicada). Cicata-Ipn, México.
13. Pollak H. O. (1988). Mathematics as a service subject- why? In A. G. Howson et al. (Eds), Mathematics as a service subject. pp.28-34. Cambridge: Cambridge University Press (Series : ICMI study).
14. Romo-Vázquez, A. (2009). Les mathématiques dans la formation d'ingénieurs. Paris: IREM de Paris.
15. Romo-Vázquez, R., Velez-Perez, H., Ranta, R., Louis-Dorr, V., Maquin, D. & Maillard, L. (2012). Blind source separation, wavelet denoising and discriminant analysis for EEG artefacts and noise cancelling, Biomedical Signal Processing and Control, 7(4). 389-400.

Sitios Web como Herramienta Educativa. Caso: Facultad de Ciencias y Técnicas de la Comunicación, Universidad Veracruzana

Ricardo Peri Alarcón^{1*}, Odilia Domínguez Ramírez², Juan Soto del Ángel³, Adriana Durán Mendoza⁴, María de Jesús Rojas Espinosa⁵

^{1 2 3 4 5}Facultad de Ciencias y Técnicas de la Comunicación, Universidad Veracruzana. Reyes Heróles 136, casi esq. Juan Pablo II, Fracc. Costa Verde, C.P. 94294, Boca del Río, Ver.

*rperi@uv.mx

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

Esta investigación tiene como finalidad tratar sobre la importancia de reestructurar sitios web para fines académicos y también de promoción. La Facultad de Ciencias y Técnicas de la Comunicación (FACICO) de la Universidad Veracruzana (UV), tuvo durante mucho tiempo desactualizado su sitio web, el cual existe con la intención que los internautas puedan conocer aspectos importante de la carrera que se imparte como también ayudar a los alumnos a conocer mejor su alma mater. Actualmente, el espacio digital de la Facultad ha mejorado en cuanto a estructura y contenido, gracias a la colaboración de académicos, los cuales reflexionaron la ordenación de los ejes de trabajo en relación con los intereses de la facultad y de la UV, y por otro lado también se consideraron las opiniones de los estudiantes con la finalidad de mejorar. Este documento presenta evidencias cuantitativas que llevaron a tomar decisiones para la actualización del Sitio Web en cuestión.

Palabras clave: comunicación, tecnología, organización, educación.

Abstract

This work aims to discuss the importance of restructuring websites for institutional and promotional purposes. The Faculty of Communication Sciences and Technologies (FACICO) of the Universidad Veracruzana (UV), was long outdated its web site, which exists to Internet users to know about the career offer, and to help students to better understand their university. Nowadays, the FACICO's digital space has improved in structure and content, thanks to the collaboration made between academics, who worked the management of academic areas in relation to the interest of the faculty and UV, and on the other hand students who have commented their views on how to improve it. This publication presents quantitative evidence that led to make judgment about the Website's update in question.

Introducción

Mientras que las computadoras y los softwares se han vuelto más costeadables y se ajustan casi a todas las necesidades de las organizaciones, la tecnología ofrece la habilidad de competir en el mercado a una escala global.

Al final de la Segunda Guerra Mundial, países como Estados Unidos estaban en la cúspide de la supremacía industrial y la prosperidad económica. La tecnología informática permitió visionar una economía en donde la información y el conocimiento, en aquel entonces considerados "bienes no duraderos", pudieran llegar a ser los productos de mayor valor del país (Wood & Smith, 2001).

Hasta la década de 1980, había una verdad que impregnó en la cultura del negocio: Dinero es Poder. Cuando la tecnología y la prosperidad económica llegaron a ser un fenómeno mundial, esta verdad se transformó en "Información es Poder". Las computadoras abundan en los lugares de trabajo, con programas especializados tales como el de Planificación de Recursos Empresariales (ERP por sus siglas en inglés), sistemas integrados en los procesos internos y externos de la organización (Mabert, Soni & Venkataramanan, 2003).

A pesar de la enorme cantidad de tiempo y dinero que se debe de invertir en el sistema ERP, miles de compañías han puesto estos sistemas en práctica debido a que agilizan las operaciones y por tanto proveen una ventaja

competitiva (Trunk, 1999). Además, la tecnología informática facilita la competitividad mercantil permitiendo a las organizaciones vencer a competidores en el mercado con nuevos productos e innovaciones. P. Ej.: muchas compañías han complementado sus negocios físicos con espacios virtuales para aprovechar el mercado global. Los negocios virtuales son muchos más efectivos y alcanzables en costos que los negocios físicos y proveen los ahorros en impuestos asociados con el comercio electrónico (e-commerce en inglés).

El uso de la tecnología informática en la empresa ha traído un número de cambios observables tanto en su organización como en sus miembros. Sin embargo, mucho de estos cambios no son evidentes de forma inmediata. Con el tiempo, la tecnología altera radicalmente la estructura, la cultura y el desempeño de la empresa (Jackson, Poole & Kuhn, 2002). Tales cambios influyen en la manera en cómo los empleados reaccionan, interactúan y perciben la tecnología informática. P. Ej.: organizaciones pueden adoptar la tecnología informática como un medio para ofrecerle al trabajador un mayor nivel de autonomía, mejorar su desempeño, o como una herramienta que permita el monitoreo continuo del mismo.

El estudio de la comunicación mediada por computadora (CMC) se originó en el contexto organizacional con la teoría de la riqueza de los medios de comunicación (Daft & Lengel, 1984). Por lo tanto, estaban interesados en el proceso por el cual los gerentes seleccionaban una forma de canal de comunicación sobre otro.

Bajo un contexto real, ¿por qué un gerente optaría por enviar un mensaje cara a cara en vez de elegir otros mensajes por e-mail? Para explicar estas elecciones, Daft y Lengel examinaron la influencia de la complejidad del mensaje y la ambigüedad sobre la elección de un canal. Durante el análisis, los investigadores determinaron que la ambigüedad del mensaje está asociada con el canal y la habilidad del mismo para transmitir información. Por tanto, ellos establecieron cuatro criterios para evaluar la capacidad de carga del canal:

Criterios para el Estudio de los Medios de Daft y Lengel.

Cuatro Criterios para la Capacidad de Carga de Información

1. La disponibilidad de retroalimentación inmediata
2. Uso múltiple de señales
3. Uso de lenguaje natural
4. Atención personal del medio

Estos criterios se resumen a lo que Daft y Lengel describen en su "Teoría de la Riqueza de Medios" (1984) como canales de comunicación ricos y pobres.

Los canales de comunicación pobres son aquellos en donde se encuentran poca capacidad de carga de información (ejemplo pueden ser el e-mail y los volantes enviados al buzón del empleado). Un caso práctico puede ser el siguiente: un gerente enviando medidas de seguridad ante peligros por e-mail y volantes; bajo los criterios de Daft y Lengel, su elección del canal sería inapropiado, pudiendo ocurrir que los empleados resulten heridos por no recibir el aviso a tiempo.

Los canales de comunicación ricos son aquellos que cumplen con todos o casi todos los criterios planteados anteriormente (ejemplo las interacciones FTF). Retomando el caso anterior, un gerente, a través de la interacción FTF, puede transmitir información sobre un peligro inminente, permitiendo así la seguridad de sus empleados basándonos en la rapidez del mensaje.

Metodología (Los títulos de esta sección son ilustrativos)

Método de Investigación

Este proyecto se basó en la metodología cuantitativa, de la cual se elaboró la técnica de la encuesta. Para la encuesta se usó como instrumento el cuestionario. El instrumento fue elaborado con el objetivo de conocer la opinión de la audiencia académica (docentes y estudiantes) sobre la estructura del sitio web de la FACICO UV (<http://www.uv.mx/veracruz/fcc>).

Técnica de Investigación: Encuesta

Buendía, Colás y Hernández en su libro "Métodos de Investigación en Psicopedagogía" (1998) describen a la encuesta como: "La técnica de investigación capaz de dar respuestas a problemas tanto en términos descriptivos como de relación de variables, tras la recogida de información sistemática, según un diseño previamente establecido que asegure el rigor de la información obtenida" (p.120).

De este modo, puede ser utilizada para entregar descripciones de los objetos de estudio, detectar patrones y relaciones entre las características descritas y establecer relaciones entre eventos específicos.

En relación a su papel como método dentro de una investigación, las encuestas pueden cumplir tres propósitos (Kerlinger, 1997):

- a) Servir de instrumento exploratorio para ayudar a identificar variables y relaciones, sugerir hipótesis y dirigir otras fases de la investigación
- b) Ser el principal instrumento de la investigación, de modo tal que las preguntas diseñadas para medir las variables de la investigación se incluirán en el programa de entrevistas.
- c) Complementar otros métodos, permitiendo el seguimiento de resultados inesperados, validando otros métodos y profundizando en las razones de la respuesta de las personas.

La técnica de encuesta es especialmente pertinente en las siguientes situaciones:

- a) Cuando se quiere generalizar el resultado a una población definida, porque es más fácil obtener una mayor muestra que en otras metodologías
- b) Cuando no se pueden utilizar la técnica de observación directa por factores económicos o contextuales
- c) Es especialmente indicada para recoger opiniones, creencias o actitudes.

En términos generales, esta metodología está especialmente indicada en estudios con objetivos descriptivos y donde se requieren muestras grandes para el estudio de algún aspecto de la población.

Protocolo para la Encuesta.

Objetivo General.

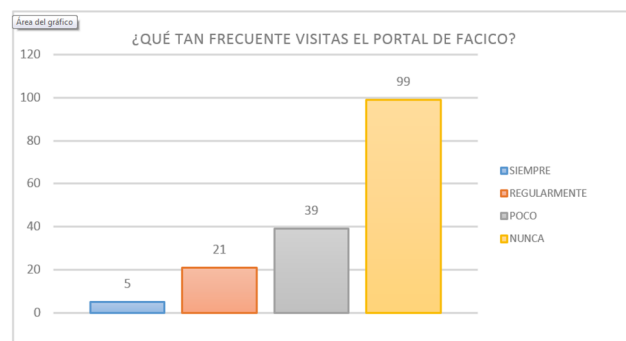
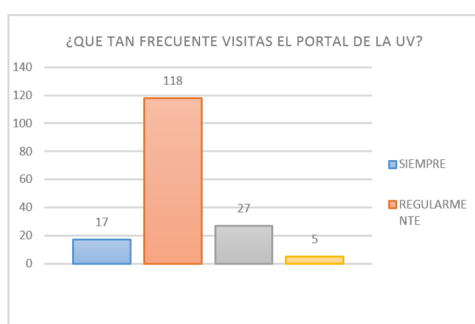
Realizar un análisis sobre la estructuración de contenido y diseño del sitio web de la Facultad de Ciencias y Técnicas de la Comunicación de la Universidad Veracruzana.

Objetivos Metodológicos.

- a) Valorar la opinión de la audiencia (docente y académica) encuestada sobre la organización de información en el sitio y la importancia que tienen para los internautas.
- b) Comparar a través de los encuestados los elementos de mayor a menor relevancia entre la audiencia y la administración.
- c) Examinar ideas de la audiencia para mejorar el diseño del sitio web de la Facultad y de la Universidad Veracruzana.
- d) Cuestionar a la audiencia académica y estudiantil sobre qué elementos busca y necesita dentro del sitio web de la FACICO.

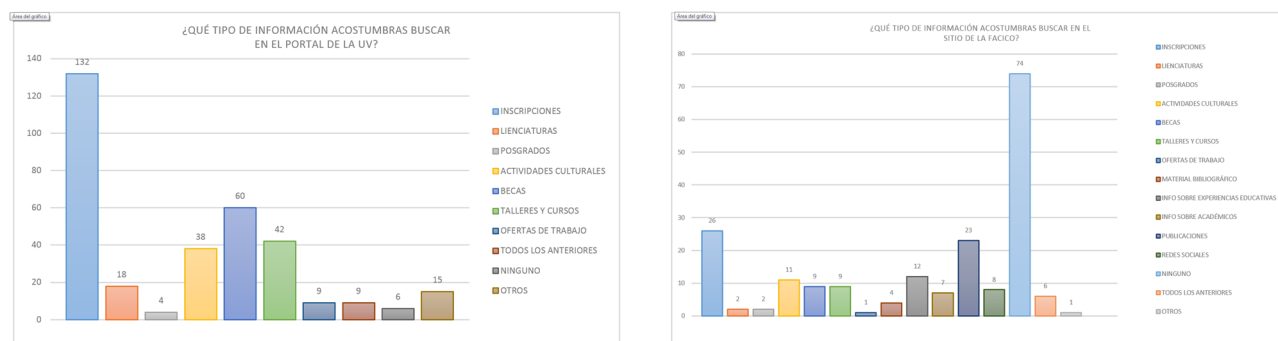
Resultados y discusión

Entre los datos generados de la encuesta, se puede observar una diferencia que existe de parte de la audiencia entre las visitas que realizan al Portal Electrónico de la Universidad Veracruzana y la FACICO, siendo la primera la que se encuentra a favor en mayor número de visitas. Sin embargo, la frecuencia que realiza la audiencia en ambas partes no es totalmente satisfactoria. Las gráficas posteriores enseñan el caso planteado.



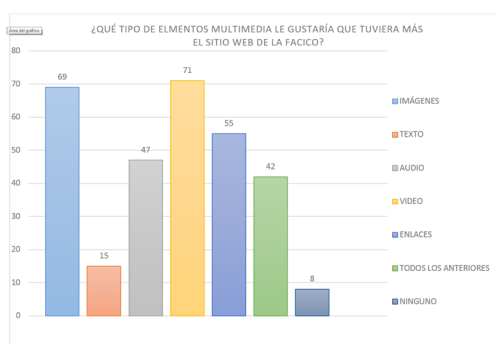
Comparativa entre visitas al portal de la UV y el sitio web de FACICO.

En la segunda comparativa, se observa la diferencia que existe en cuanto a búsqueda de información. En el Sitio Web de la UV, se puede notar la localización de inscripciones y becas académicas son los puntos más fuertes que trata la audiencia. Por otro lado, el sitio de la FACICO también se trata de buscar información sobre inscripciones, seguido de contenido relacionado con las Experiencias Educativas que se imparten en la carrera. Es importante destacar la gran cantidad de usuarios que respondieron a que no buscan o no manifiestan interés en el sitio web de la Facultad, como se puede observar en las gráficas a continuación.



Comparativa sobre búsqueda de información entre el Sitio UV y el Sitio FACICO

En relación a la pregunta sobre qué tipo de elementos multimedia pudieran ser de agrado de la audiencia para mejorar su preferencia, se notó una gran cantidad de demanda respecto a carga de videos que hablen más sobre lo que se trabaja en la Universidad y la Facultad respectivamente. Cabe mencionar que la Facultad desarrolla mucho proyecto multimedia el cual la administración de la misma está tomando en cuenta para el nuevo diseño de contenido de la institución. Más detalles en la gráfica a continuación.



Preferencia de Contenido en el Sitio Web FACICO

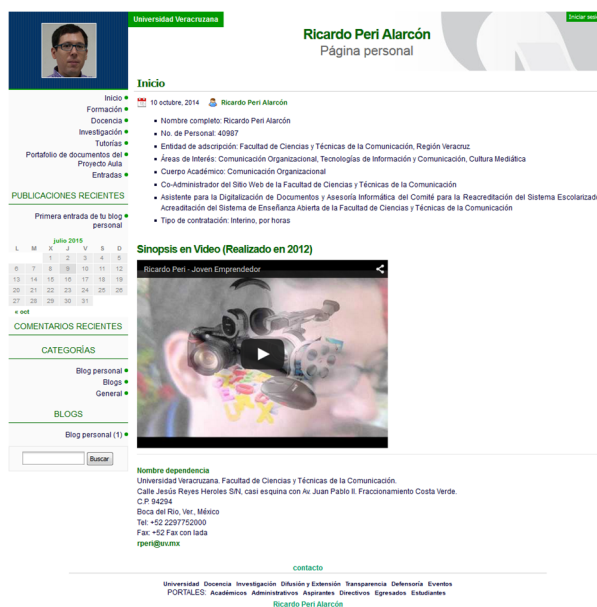
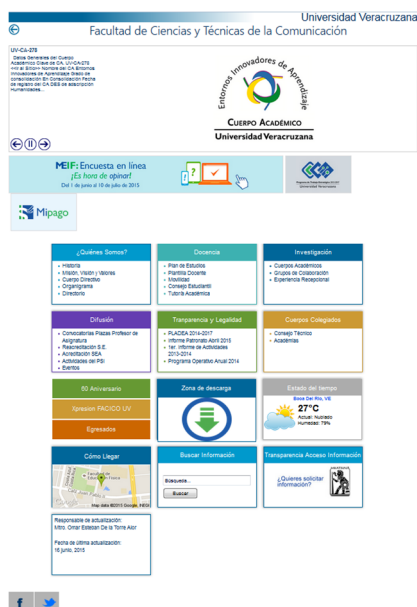
En la parte final de la encuesta, se diseñó un apartado de comentarios y sugerencias sobre cómo mejorar la frecuencia y el diseño del sitio web de la FACICO. Entre los comentarios y sugerencias de los encuestados destacan:

- Difusión de la página en la comunidad FACICO.
- Actualizar información contenida en el portal en tiempo real.
- Diseño y elementos multimedia, haciendo destacar que se trata de la página web de la facultad de ciencias y técnicas de la comunicación. Por lo tanto debería tener una mejor presentación invitando a los alumnos a actualizarla.
- Suprimir la multiplicidad de pestañas a acceder a los hipervínculos.
- Imágenes de las instalaciones y del campus; el perfil académico de cada uno de los profesores y un mensaje de nuestro actual director.
- Fotografías de los eventos realizados y de las personas destacadas.

Trabajo a futuro

Actualmente el sitio web de la FACICO está estructurado y organizado en categorías más eficaces para la navegación del usuario, siguiendo los resultados obtenidos de la encuesta. Apartados como la Filosofía Institucional y el directorio de docentes está actualizado para que el alumnado los localice mejor. Igual se ha vinculado para nombre de docente con su página personal, la cual se genera por parte de la UV de Xalapa para que el académico lo ajuste a su perfil profesional y educativo.

A continuación se presentan ejemplos recientes de cómo se ve la página de inicio de la FACICO, así como un ejemplo de plantilla de página personal del docente de la UV.



Imágenes actuales del Sitio Web FACICO y un ejemplo de página personal de Docente UV

Conclusiones

Este proyecto de reestructuración del Sitio Web de la Facultad de Ciencias y Técnicas de la Comunicación es algo que seguirá en constante movimiento, ya que como se justifica en el marco teórico, los portales digitales son la presentación de las empresas hacia sus públicos, y en el caso de la Universidad Veracruzana, es la herramienta esencial para que alumnos y docentes realicen sus actividades respectivas.

Conforme la UV y la FACICO les vayan surgiendo nuevas necesidades pedagógicas, administrativas y de mercado, tanto el diseño de ambos sitios como su contenido irán transformándose conforme a las opiniones y decisiones de las nuevas generaciones que dirijan y administren dichos espacios digitales, que sirven indudablemente para la difusión de conocimiento y la comunicación entre los miembros de la sociedad veracruzana.

Referencias

1. Buendía, L., Colás, P., & Hernández, F. (1998). *Métodos de Investigación en Psicopedagogía*. Madrid: McGraw-Hill.
2. Daft, R., & Lengel, R. (1984). Information Richness: A New Approach to Managerial Behavior and Organization Design. En B. Straw, & L. Cummings, *Research in Organizational Behavior* (págs. 191-223). Greenwich, CT: JAI Press.
3. Jackson, M., Poole, M., & Kuhn, T. (2002). The Social Construction of Technology and Studies of the Workplace. En L. Lievrouw, & S. Livingstone, *The Handbook of New Media* (págs. 236-253). Londres: Sage.
4. Kerlinger, F. (1997). *Investigación del Comportamiento*. México, D.F.: McGraw-Hill.
5. Mabert, V., Soni, A., & Venkataramanan, M. (2003). Enterprise Resource Planning: Managing the Implementation Process. En *European Journal of Operational Research* (págs. 146, 302-314).
6. Trunk, C. (1999). Building Bridges Between WMS & ERP. En *Journal of Transportation and Distribution* (págs. 40, 6-8).
7. Wood, A., & Smith, M. (s.f.). *Online Communication: Linking Technology, Identity and Culture*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Diagnóstico de los modelos administrativos actuales aplicados en empresas de la región de Orizaba Veracruz

M.E. Zepahua Neri¹, L. Bretón Partida, F. Machorro Rodríguez, V. Castellanos González, J. L. Bolaños Reynoso
*Departamento de Ciencias Económico Administrativas, Instituto Tecnológico de Orizaba, Av. Oriente 9 Núm.
852 Col. Emiliano Zapata Orizaba, Veracruz, México
mezepahu@hotmail.com¹*

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

Este proyecto fue desarrollado en base a la Línea de Investigación "Administración y Productividad" de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial, es un diagnóstico que busca determinar los modelos administrativos que las empresas de la región de Orizaba por lo cual se enfocó a las empresas Medianas y grandes, la muestra fue conformada por 90 empresas divididas por sectores: Comercio, Servicios e Industrial, el instrumento utilizado fue la encuesta y los resultados sirvieron para determinar las áreas de oportunidad que existen para que los alumnos de I.G.E. puedan desarrollar trabajos de Residencias Profesionales enfocados a la línea de Investigación de la carrera, se obtuvo información muy valiosa y de gran relevancia para la Academia, porque se pudo tener una vinculación directa y real con las empresas así mismo la importancia de las materias medulares que conforman el plan de estudios de esta licenciatura.

Palabras clave:

Diagnóstico, Competencias, Encuesta, Vinculación.

Abstract

This project was developed based on the research line "Management and Productivity" of the Engineering Business Management is a diagnosis that seeks to understand the administrative models that companies in the region of Orizaba so focused companies medium and large, the sample was made up of 90 companies divided by sector: Trade and Industrial Services, the instrument used was the survey and the results were used to determine areas of opportunity that exist for students GSE they can develop jobs Residences Professional focused on the research of the race, valuable and highly relevant to the Academy information was obtained, because it could have a direct and real link with the companies likewise the importance of the core subjects make the curriculum of this degree.

Introducción

El propósito del presente proyecto es desarrollar una investigación a priori con el fin de ver cómo están trabajando las empresas hoy en día en esta región centro de Veracruz; es decir, ¿qué modelos administrativos están aplicando?; Por eso el objetivo general de este trabajo es, Identificar los modelos administrativos actuales aplicados en empresas de la región de Orizaba, Veracruz; y dentro de los objetivos específicos, podemos mencionar los siguientes; identificar empresas, identificar modelos, determinar áreas de oportunidad en empresas de la región e identificar las competencias que requieren las empresas de la región, etc. Por otro lado, es necesario señalar los obstáculos y limitantes a los cuales enfrentar; como pudieran ser, la falta de información veraz y oportuna, idoneidad de la comunicación, aprovechamiento del tiempo, valoración del recurso en tiempo y forma, etc. y todo lo anterior tiene el enfoque de coadyuvar al quehacer educativo de la academia de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial (I.G.E.), para poder enfatizar los temas y materias que son un soporte en el desarrollo profesional de los estudiantes de esta licenciatura.

Metodología

Se utilizó un modelo de investigación no experimental, con muestreo probabilístico estratificado, ya que se recolectaran los datos con los gerentes o directores de las empresas objeto del estudio, de manera directa sin modificar ninguna variable; utilizando la herramienta de la encuesta del tipo “ basadas en entrevistas cara a cara o de profundidad” compuesta de 20 preguntas de opción múltiples y abiertas Para el procesamiento de los datos se utilizó un enfoque cuantitativo con la intención de interpretar las respuestas y/o preferencias obtenidas. Al inicio de la aplicación del cuestionario se procedió a una etapa explicativa con la finalidad de encuadrar la investigación, sin que ello representara un sesgo o desviación en los datos obtenidos.

Diseño de la muestra y recolección de información

Para el tamaño de la muestra se considera como el universo a las empresas ubicadas en la Región Centro del Estado de Veracruz: Orizaba, Cd. Mendoza, Nogales, Río Blanco, e Ixtaczoquitlán. Sólo se tomaran en cuenta aquellas empresas que se encuentran clasificadas como mediana y grande conforme a su número de trabajadores de acuerdo a la tabla 1.

Tabla 1. Estratificación de empresas por tamaño

Sector	Comercio	Servicios	Industria
Tamaño	No. de trabajadores	No. De trabajadores	No. de trabajadores
Mediana	31 - 100	51 - 100	51 - 250
Grande	101 en adelante	101 en adelante	251 en adelante

Fuente: INEGI, Censos Económicos 2009

Se excluyeron las empresas de tamaño micro y pequeña, derivado de que sus modelos administrativos de gestión pudieran no estar consolidados y no reflejen información relevante que permita identificar oportunidades de participación futura a través de la elaboración de proyectos de residencias profesionales.

Otro criterio que se tomó en cuenta en la segmentación de la muestra es que el estudio considera a empresas del sector de comercio, servicios e industriales como una sola, derivado de sus características similares en relación a los objetivos y metas del estudio.

Se considera un coeficiente de confianza del 95%, una probabilidad de aceptación del 50% y de rechazo del 50%; un error de estimación del 5%; con un universo de 118 empresas; se empleó la Ecuación 1 para obtener el tamaño de la muestra de la población finita (menor a 500,000 elementos) [Mason *et al.*, 2003]:

$$n = \frac{\sigma^2 Npq}{e^2(N-1) + \sigma^2 pq} \tag{1}$$

$$n = \frac{1.96^2(118)(.50)(.50)}{(.05)^2(118-1) + (1.96)^2(.50)(.50)} = 90$$

La muestra será de 90 elementos, asignados de manera proporcional a cada población como se muestra en la tabla 2.

Tabla2 . Distribución de la muestra por sector y población al que pertenecen

Ciudad	Orizaba		Río Blanco		Nogales		Cd. Mendoza		Ixtaczoquitlán		TOTAL	
Sector	%	Elementos de la Muestra	%	Elementos de la Muestra	%	Elementos de la Muestra	%	Elementos de la Muestra	%	Elementos de la Muestra	%	Elementos de la Muestra
Comercio	44.1	40	2.5	2	0.8	1	2.5	2	3.4	3	53.4	48
Servicios	26.3	23	1.7	2	0.0	0	0.8	1	4.2	4	33.1	30
Industria	7.6	7	0.0	0	0.0	0	0.0	0	5.9	5	13.5	12
TOTAL	78.0 %	70	4.2 %	4	0.8 %	1	3.3 %	3	13.6 %	12	100.00 %	90

Fuente: Adaptación propia

El instrumento de recolección de información será la encuesta, la cual consta de 19 preguntas de opción múltiple y una abierta,

Resultados y discusión

Debido a las limitaciones de espacio se presentarán los resultados globales, es decir de los tres sectores:

De acuerdo a los resultados obtenidos por el instrumento de investigación, se determinó que el 92% de las empresas encuestadas sí tienen Misión, Visión y Valores, mientras que el 5% no tienen dichas características y sólo el 2% lo desconoce.

Respecto a que si la empresa define previamente sus objetivos, metas y estrategias, el 94% de los encuestados respondió que sí, mientras que el 6% restante dijo que no.

Se determinó que el 97% de las empresas sí definen el rol de las actividades que realiza cada trabajador, sin embargo, el 2% no lo definen y únicamente el 1% lo desconoce.

De acuerdo a que si existen manuales de organización y procedimientos dentro de la empresa, el 76% respondió que sí, el 22% que no y sólo el 2% desconoce si existen dichos manuales.

En cuanto a cómo se realiza el proceso de selección de personal, el 79% respondió que se ejecuta de manera interna, mientras que el 20% de las empresas lo realiza de manera externa y sólo el 1% desconoce el proceso.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la encuesta se concluyó que el 94% de los nuevos trabajadores reciben un proceso de inducción mientras el 6% restante no recibe proceso de inducción y aprende sobre la marcha y de manera gradual.

Se determinó que un 83% de los trabajadores reciben por parte de la empresa programas de capacitación, mientras un 16% no cuenta con programas de capacitación y un 1% restante desconoce si la empresa cuenta con algún programa de capacitación.

En base a las respuestas de los encuestados se determinó que las principales competencias para contratar por parte de las empresas son las siguientes Habilidades y Destrezas 30%, Conocimientos 26%, Actitudes 24%, Aptitudes 16% y Otras con un 4%.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la encuesta se apreció que un 90% de las empresas se encuentran definidos los canales de comunicación, mientras que en un 8% no están definidos dichos canales y en un 2% restante desconoce dichos canales.

Se determinó en base a las respuestas de los encuestados que un 63% de las empresas si aplican la investigación de mercados en sus sistemas de comercialización, mientras que un 27% de las empresas no lo aplican y un 10% de las empresas lo desconoce.

A partir de los datos se observó que el 64% de los encuestados si tienen un procedimiento para la medición de comportamiento del personal de la empresa y el logro de objetivos, mientras que el 32% no lo tiene y sólo el 6% lo desconoce.

De acuerdo a los resultados obtenidos se aseveró que el liderazgo informal para el logro de los objetivos de la empresa muestra que un 72% si identifica un líder informal, mientras que el 20% no y un 8% lo desconocen.

Con base a los resultados se observó que el 91% sí se evalúan los resultados de acuerdo a los estándares previamente establecidos dentro de la organización, esto asevera a que la organización desarrolle habilidades, mientras que un 7% no, y el 2% restante lo desconoce.

Se determinó que el 83% de las empresas que hacen la retroalimentación a los departamentos con base a los resultados obtenidos arrojan mejoras dentro de la empresa. El 15% no lo definen y un 2% lo desconoce.

De acuerdo a los resultados obtenidos el 71% de las organizaciones sí existen programas de estímulo y reconocimiento al desempeño laboral, un 27% no lo realiza, mientras que un 2% lo desconoce. Se determinó que el 32% de las empresas encuestadas tienen alguna certificación externa, sin embargo, el 48% no tienen certificación y el 20% de los encuestados desconoce si la empresa posee alguna.

De acuerdo a la investigación realizada se determinó que el 32% de las organizaciones cuenta con alguna certificación externa, mientras que un 48% en mayoría no y un 20% lo desconoce.

En cuanto a las herramientas o técnicas para elevar la productividad dentro de la empresa, el 48% de los encuestados respondió que utilizan la de las 5's, el 23% que ejecutan la de justo a tiempo, el 14% aplican la reingeniería y el 15% otra.

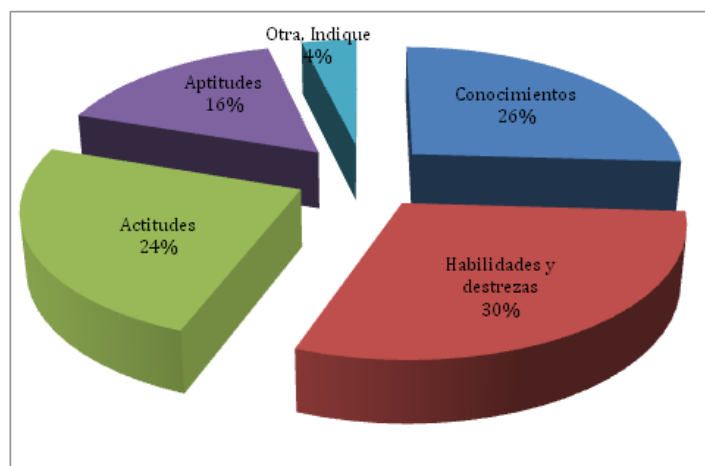
De acuerdo a los resultados obtenidos de la encuesta se observó que un 58% de las empresas no han utilizado ninguna fuente de financiamiento público para las operaciones de la empresa, mientras que un 30% desconoce y solamente un 12% ha utilizado fuentes de financiamiento público.

Respecto a qué proyectos de mejora en las áreas administrativas y/o productivas requiere la empresa actualmente, el 71% de las organizaciones contestó que no precisa de algún proyecto, a su vez un 11% propone un instrumento para el incremento de ventas, el 10% sugiere mercadotecnia dentro de la organización y finalmente un 8% determina proyectos para la mejora de inventarios.

Por lo que se puede concluir que académicamente las asignaturas identificadas que se requiere tener muy bien reforzadas de la carrera de I.G.E. son las de Mercadotecnia, Plan de Negocios, Finanzas, Recursos Humanos, Desarrollo Organizacional entre otras.

A continuación se presenta la gráfica obtenida como resultado de la pregunta sobre cuáles son las competencias que buscan las empresas en el personal al momento de contratarlo; dicha gráfica mostró que sólo el 26% de ellas dan prioridad a los conocimientos de sus futuros trabajadores, sin embargo el 30% de las entidades señaló que prefieren que el personal tenga habilidades y destrezas para llevar a cabo las funciones requeridas por la empresa, en contraposición las actitudes de los trabajadores influye para su futura contratación en un 24% según los resultados obtenidos, finalmente el 16% de las compañías requiere que el personal próximo a contratar muestre aptitudes y estas se reflejen con una buena capacidad y disposición para desempeñarse o ejercer determinada tarea, empleo o función requeridas por la misma. Tomando en cuenta todo lo anterior, es indispensable que los alumnos de Ingeniería en Gestión Empresarial analicen los resultados del estudio con la finalidad de cumplir y mejorar las expectativas que presentan las empresas en un entorno laboral cada día más competitivo, datos que se consideran muy relevantes porque no se contaban de manera confiable para poder ayudar en el aula a los alumnos cuando cursan las materias del plan de estudios.

Gráfica Competencias requeridas por empresas de la región



Se determinaron las áreas de oportunidad en las que hay necesidad de trabajos de residencias profesionales en las que los alumnos de Ingeniería en Gestión Empresarial pueden incursionar, a continuación se presentan las empresas que cuentan con un área de oportunidad, abarcando las ciudades de Mendoza, Nogales, Río Blanco, Orizaba e Ixtaczoquitlán del Estado de Veracruz y de los respectivos sectores empresariales comenzando por el de comercio, luego presentando el de servicio y por último el industrial, lo anterior, con la finalidad de incrementar el banco de proyectos de residencias profesionales de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial perteneciente al Instituto Tecnológico de Orizaba, aspecto que le dará gran apoyo que coadyuvará a realizar esta actividad terminal de los estudiantes de manera más óptima.

Tabla 3. Listado de empresas con área de oportunidad

PREGUNTAN° 4		¿Existen manuales de organización y procedimientos dentro de la empresa?		
NUMERO	NOMBRE DE LA EMPRESA	DIRECCION	GIRO	CIUDAD
1	FERRETERIA BARRIO NUEVO	INDEPENDENCIA N°13	COMERCIAL	ORIZABA
2	LA CASA DE ASADOS EL CHURRASCO	PONIENTE 7 No. 314	COMERCIAL	ORIZABA
3	IMPULSORA FERRETERA DE ORIZABA, S. DE R.L. DE C.V.	MADERO SUR No. 180-A	COMERCIAL	ORIZABA
4	IMPULSORA FERRETERA DE ORIZABA, S. DE R.L. DE C.V.	ORIENTE 4	COMERCIAL	ORIZABA
5	INOX VER, S.A. DE C.V.	SUR 6 No. 73	COMERCIAL	ORIZABA
6	DUBAI BOUTIQUE	NORTE 3 ESQUINA PONIENTE 4 N°204	COMERCIAL	ORIZABA
7	ZAPARTERIA FLEXI	MADERO SU N°232	COMERCIAL	ORIZABA
8	RODAS COMPUTACION, S.A. DE C.V.	PONIENTE 7 No. 73	COMERCIAL	ORIZABA
9	RESTAURANT LA BRAZA	ORIENTE 6 No. 1500	COMERCIAL	ORIZABA
10	TRANS-ASTROS INTERNACIONALES S.A. DE C.V.	CAMINO NACIONAL NO. 97	SERVICIOS	RIO BLANCO
11	MARISCOS BOCA DEL RIO Y SALONES ALBATROS S.A de C.V	PONIENTE 7 No. 1157	SERVICIOS	ORIZABA
12	THE INSTITUTE	ORIENTE 2 NO.140 2DO PISO	SERVICIOS	ORIZABA
13	ESCUELA PRIMARIA GUADALUPE VICTORIA	LOCALIDAD LA CIENEGA, LA PERLA	SERVICIOS	ORIZABA
14	ORI STEREO	SUR 6 NO.169	SERVICIOS	ORIZABA
15	CONSTRUCCION Y CONSERVACION INDUSTRIAL DEL VALLE DE ORIZABA S.A. DE C.V.	AV. SAN JUAN NO. 22 INTERIOR S/N	SERVICIOS	IXTACZOQUITLAN
16	MUÑECAS MOMS	SUR 6 NO.182	INDUSTRIAL	ORIZABA
17	TEMSE S.A. DE C.V.	CUMBRE DE TUXPANGO S/N	INDUSTRIAL	IXTACZOQUITLAN

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Listado de empresas con área de oportunidad

PREGUNTAN° 10		¿En el sistema de comercialización de productos y/o servicios aplica la investigación de mercados?		
NUMERO	NOMBRE DE LA EMPRESA	DIRECCION	GIRO	CIUDAD
1	NUEVA WAL-MART DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V.	PROLONGACION HOSPITALITO, COL. LOS PINOS	COMERCIAL	RIO BLANCO
2	FERRETOD0	PONIENTE 7 No. 1063	COMERCIAL	ORIZABA
3	SERVICIO ESCAMELA, S.A. DE C.V.	CIRCUNVALACION No. 2677	COMERCIAL	ORIZABA
4	ABARROTES CORDOBESES, S.A. DE C.V.	ORIENTE 11 No. S/N	COMERCIAL	ORIZABA
5	LA BARRA DE ALVARADO	ORIENTE 15 No. 784	COMERCIAL	ORIZABA
6	INOX VER, S.A. DE C.V.	SUR 6 No. 73	COMERCIAL	ORIZABA
7	RODAS COMPUTACION, S.A. DE C.V.	PONIENTE 7 No. 73	COMERCIAL	ORIZABA
8	LA CASA DE ASADOS EL CHURRASCO	PONIENTE 7 No. 314	COMERCIAL	ORIZABA
9	ZAPARTERIA FLEXI	MADERO SU N°232	COMERCIAL	ORIZABA
10	AUTOTIANGUIS VERACRUZ S.A. DE C.V.	BOULEVARD FERNANDO GTZ. BARRIOS NO.44	COMERCIAL	IXTACZOQUITLAN
11	TRANS-ASTROS INTERNACIONALES S.A. DE C.V.	CAMINO NACIONAL NO. 97	SERVICIOS	RIO BLANCO
12	AUTOTRANSPORTES ESPECIALIZADOS GAMA S.A. DE C.V.	CAMINO NACIONAL NO. 38 COL. HOSPITALITO	SERVICIOS	RIO BLANCO
13	ORI STEREO	SUR 6 NO.169	SERVICIOS	ORIZABA
14	ESCUELA PRIMARIA GUADALUPE VICTORIA	LOCALIDAD LA CIENEGA, LA PERLA	SERVICIOS	ORIZABA
15	MARISCOS BOCA DEL RIO Y SALONES ALBATROS S.A de C.V	PONIENTE 7 No. 1157	SERVICIOS	ORIZABA
16	INSTITUTO SIGLO XXI	NORTE 6 NO. 61	SERVICIOS	ORIZABA
17	DESPACHO JURIDICO LUIS ARTURO FORJAS FIGUEROA	ORIENTE 4 ENTRE NORTE 3	SERVICIOS	ORIZABA
18	INSTITUTO TECNO INGLES	ORIENTE 5 No. 811	SERVICIOS	ORIZABA
19	HOSPITAL CONCORDIA	NORTE 24 #98 OTE. 3	SERVICIOS	ORIZABA
20	ESCUELA SECUNDARIA TECNICA NO. 98	UNIDAD PUERTA GRANDE ORIZABA	SERVICIOS	ORIZABA
21	PROMOTORA DE SEGUROS ORIZABA	ORIENTE 4A NO. 230	SERVICIOS	ORIZABA
22	HOSPITAL SANTA ELENA	ORIENTE 6 NO.629	SERVICIOS	ORIZABA
23	HOTEL MEDITERRANEO	SUR 11 No. 312	SERVICIOS	ORIZABA
24	INSTITUTO DE ESTUDIOS AVANZADOS DE ORIENTE	PONIENTE 5 NO.454	SERVICIOS	ORIZABA
25	CENDI ABEJITAS	SUR 19 NO. 552	SERVICIOS	ORIZABA
26	ESCUELA SECUNDARIA TECNICA 84	CIRCUNVALACION No. 1430	SERVICIOS	ORIZABA
27	MUÑECAS MOMS	SUR 6 NO.182	INDUSTRIAL	ORIZABA
28	CADILLAC RUBBER AND PLASTICS DE MEXICO	ORIENTE 12 NO.1151	INDUSTRIAL	ORIZABA

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Listado de empresas con área de oportunidad

PREGUNTA N° 20		¿Qué proyectos de mejora en las áreas administrativas y/o productivas requiere su empresa actualmente?		
NUMERO	NOMBRE DE LA EMPRESA	DIRECCION	GIRO	CIUDAD
1	COMERCIALIZADORA FARMACEUTICA DEL SURESTE S.A. DE C.V.	ESQ. MELCHOR OCAMPO, COL. CENTRO	COMERCIAL	MENDOZA
2	TIENDAS CHEDRAUI S.A. DE C.V.	AV. JUAREZ NO. 466-B, COL. AGUILAS SERDAN	COMERCIAL	NOGALES
3	NUEVA WAL-MART DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V.	PROLONGACION HOSPITALITO, COL. LOS PINOS	COMERCIAL	RIO BLANCO
4	IMPULSORA FERRETERA DE ORIZABA, S. DE R.L. DE C.V.	MADERO SUR No. 180-A	COMERCIAL	ORIZABA
5	IMPULSORA FERRETERA DE ORIZABA, S. DE R.L. DE C.V.	ORIENTE 4	COMERCIAL	ORIZABA
6	LA BARRA DE ALVARADO	ORIENTE 15 No. 784	COMERCIAL	ORIZABA
7	ABARROTOS CORDOBESES, S.A. DE C.V.	ORIENTE 11 No. S/N	COMERCIAL	ORIZABA
8	FERRETODO	PONIENTE 7 No. 1063	COMERCIAL	ORIZABA
9	DUBAI BOUTIQUE	NORTE 3 ESQUINA PONIENTE 4 N°204	COMERCIAL	ORIZABA
10	RESTAURANT LA BRAZA	ORIENTE 6 No. 1500	COMERCIAL	ORIZABA
11	ZAPATERIA B HERMANOS S.A. DE C.V.	AV. PONIENTE 3 Y PONIENTE 5	COMERCIAL	ORIZABA
12	ZAPATERIA B HERMANOS S.A. DE C.V.	PONIENTE 7 N°36	COMERCIAL	ORIZABA
13	DISTRIBUIDORA MONTOSA DE ORIZABA, S.A. DE C.V.	ORIENTE 6 No. 1221	COMERCIAL	ORIZABA
14	FOTO CONTINO DE VERACRUZ, S.A. DE C.V.	PONIENTE 2 No. S/N	COMERCIAL	ORIZABA
15	PANADERIA FLORES	AV. DE LOS CENSOS No. 1541	COMERCIAL	ORIZABA
16	LA CASA DE ASADOS EL CHURRASCO	PONIENTE 7 No. 314	COMERCIAL	ORIZABA
17	AUTOTIANGUIS VERACRUZ S.A. DE C.V.	BOULEVARD FERNANDO GTZ. BARRIOS NO.44	COMERCIAL	IXTACZOQUITLAN
18	LLANCER S.A. DE C.V.	BOULEVARD FERNANDO GTZ. BARRIOS NO.6	COMERCIAL	IXTACZOQUITLAN
19	UNIVERSIDAD DEL GOLFO DE MEXICO S.C.	JUSTO SIERRA NO. 414, COL. EL ÁGUILA	SERVICIOS	MENDOZA
20	TRANS-ASTROS INTERNACIONALES S.A. DE C.V.	CAMINO NACIONAL NO. 97	SERVICIOS	RIO BLANCO
21	ORI STEREO	SUR 6 NO.169	SERVICIOS	ORIZABA
22	INSTITUTO TECNO INGLES	ORIENTE 5 No. 811	SERVICIOS	ORIZABA
23	HOTEL PLUVIOSILLA	AV. PONIENTE 7 NO. 163	SERVICIOS	ORIZABA
24	A MI PUERTA	NORTE 18 No. 40	SERVICIOS	ORIZABA
25	ESCUELA HERIBERTO LARA CORONA	ORIZABA	SERVICIOS	ORIZABA
26	CINEPOLIS DE MEXICO, S.A. DE C.V.	CIRCUNVALACION No. 1430	SERVICIOS	ORIZABA
27	HOTEL MEDITERRANEO	SUR 11 No. 312	SERVICIOS	ORIZABA
28	OPTICA TAXILAGA	NORTE 2 NO.192 LOCAL 19	SERVICIOS	ORIZABA
29	BANCO INBURSA	PONIENTE 7 NO.	SERVICIOS	ORIZABA
30	DESPACHO JURIDICO LUIS ARTURO FORJAS FIGUEROA	ORIENTE 4 ENTRE NORTE 3	SERVICIOS	ORIZABA
31	HOSPITAL CONCORDIA	NORTE 24 #98 OTE. 3	SERVICIOS	ORIZABA
32	ESCUELA PRIMARIA GENERAL ORIZABA	ORIENTE 7 No. 1185	SERVICIOS	ORIZABA
33	INSTITUTO SIGLO XXI	NORTE 6 NO. 61	SERVICIOS	ORIZABA
34	VEL-A-GAS DE PLUVIOSILLA S.A. DE C.V	CARRETERA FEDERAL FORTIN-ORIZABA KM. 323	SERVICIOS	IXTACZOQUITLAN
35	GAS DEL ATLANTICO S.A. DE C.V.	CARRETERA FEDERAL FORTIN-ORIZABA KM. 323	SERVICIOS	IXTACZOQUITLAN
36	CADILLAC RUBBER AND PLASTICS DE MEXICO	ORIENTE 12 NO.1151	INDUSTRIAL	ORIZABA
37	UNIFORMES OLEA	ORIENTE 17 ENTRE NORTE 8 Y 10	INDUSTRIAL	ORIZABA
38	HOLCIM MEXICO S.A. DE C.V.	BOULEVARD FERNANDO GTZ. BARRIOS NO.76	INDUSTRIAL	IXTACZOQUITLAN
39	I.P. CARTONES Y CORRUGADOS S. DE R.L. DE C.V.	AV. 1 NO.1 PARQUE INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	IXTACZOQUITLAN
40	P.O. EMPAQUES FLEXIBLES S.A. DE C.V.	CARRETERA FEDERAL FORTIN-ORIZABA KM. 321	INDUSTRIAL	IXTACZOQUITLAN
41	TALLERES Y ACEROS S.A. DE C.V.	CARRETERA FEDERAL FORTIN-ORIZABA KM. 321	INDUSTRIAL	IXTACZOQUITLAN
42	TEMSE S.A. DE C.V.	CUMBRE DE TUXPANGO S/N	INDUSTRIAL	IXTACZOQUITLAN

Fuente: Elaboración propia

Trabajo a futuro

Se planea realizar un estudio semejante aplicado en las ciudades de Córdoba Veracruz y ciudades circunvecinas en el Estado de Veracruz, y en un año realizar un contraste del estudio realizado en la misma zona para verificar la vigencia de la información, y así poder tener una vinculación real escuela-sector empresarial.

Conclusiones

La realización del presente proyecto representó un primer paso en el camino de la línea de Investigación de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico de Orizaba, ya que fue el primer acercamiento a una vinculación real de las necesidades del sector empresarial y lo que ofertamos como carrera.

Consideramos que la metodología establecida dentro del presente proyecto de investigación fue bastante accesible y un aspecto medular de ella fue realizar el listado de algunas de las empresas que se encuentran en las ciudades de Mendoza, Nogales, Río Blanco, Orizaba e Ixtaczoquitlán, gracias a dicho listado se conocieron empresas del giro industrial, comercial y de servicio, a las que se les aplicó una encuesta con la cual se conoció sus modelos administrativos que aplican en la actualidad, una vez obtenidos los resultados de la encuesta se prosiguió con su codificación y graficación, separándose por ciudad y por sector, esto permitió detectar cuales son las necesidades que tienen actualmente las empresas de la región.

A lo largo de este estudio se observó y detectó algunas de las virtudes, carencias o fallas que presentaron las organizaciones de la región en cuanto al área administrativa, sin importar su tamaño o estructura la gran mayoría de ellas presentó que cuentan con Misión, Visión y Valores determinados, así mismo dichas organizaciones definen previamente sus objetivos, metas y estrategias, además de especificar su rol de actividades para cada uno de sus trabajadores.

Además se encontró que cerca de una cuarta parte de las empresas no cuentan con manuales de organización, con lo cual se abre una puerta muy grande a los estudiantes de Ingeniería en Gestión Empresarial para aplicar sus conocimientos obtenidos a lo largo de su carrera y poder auxiliar a dichas empresas.

En términos generales se notó que existen un gran número de empresas dentro de las ciudades de Mendoza, Nogales, Río Blanco, Orizaba e Ixtaczoquitlán, y en las cuales existen grandes áreas de oportunidad para los estudiantes de Ingeniería en Gestión Empresarial debido a que muchas de ellas no cuentan con el capital humano actualmente para llevar a cabo dichas actividades de mejora, y los estudiantes cuentan con las herramientas necesarias tanto en conocimiento como en habilidades para llevar a cabo las actividades antes mencionadas, solo necesitan un lugar para aplicar todos sus conocimientos, por lo tanto este trabajo de investigación reunió todos los datos necesarios para que en primera instancia los maestros visualicen el impacto que las asignaturas tienen y posteriormente que los estudiantes puedan detectar qué empresas se acoplan a su perfil y así agilizar y optimizar la realización de sus residencias profesionales.

Se considera que se pudieron alcanzar los objetivos propuestos tanto el general como los específicos, es por ello que el presente trabajo de investigación fue una fuente muy relevante de información que coadyuvará a desarrollar proyectos más efectivos y que aporten valor a las empresas de la zona centro del estado de Veracruz.

Agradecimientos

Un agradecimiento muy grande a los empresarios que brindaron el apoyo y colaboración para la realización de esta investigación, así como a los jóvenes residentes que apoyaron en la realización de este trabajo

Referencias

1. INEGI, Censos Económicos 2009, Micro, pequeña, mediana y gran empresa. Estratificación de los establecimientos. Secretaría de Gobernación. México 2009.
2. Mason, R., Lind, D. & Marshal, W. (2003). Distribución Probabilística Normal. En Estadística para Administración y Economía (pp 261-269). México: Alfa Omega Grupo Editor.
3. SIEM, 2015 <http://www.siem.gob.mx/siem/>

La enseñanza de la ciencia en los Institutos Tecnológicos de Veracruz: una perspectiva cualitativa

M. Villarruel Fuentes^{1*}, F. Pérez Santiago¹, R. Chávez Morales¹ y N. D. Fernández Hernández¹

¹Cuerpo Académico "Cultura Empresarial y Desarrollo Social Sustentable", Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Carretera Cardel-Chachalacas, Úrsulo Galván, Ver., México. C.P.91663
dr. Villarruel.fuentes@gmail.com

Área de participación: Educación

Resumen

Enseñar y aprender ciencia supone un proceso curricular y didáctico que debe acompañarse de una adecuada planeación institucional, que incluya la asignación de recursos materiales y humanos. Aunado a ello, actualmente se sabe que existe una serie de componentes psicológicos, individuales y sociales, que determinan la actitud que los estudiantes manifiestan frente a los procesos formativos a los que se ven expuestos; dimensiones y categorías que ayudan a comprender los éxitos y fracasos obtenidos al momento de alfabetizar científicamente a los estudiantes. Con base en ello se presentan los resultados obtenidos al consultar a los estudiantes que cursaban una licenciatura dentro de los Instituto Tecnológicos ubicados en el estado de Veracruz, México, acerca de la forma como les enseñó ciencia su mejor maestro. La evidencia demostró que en los Tecnológicos del estado de Veracruz existe predominio del estilo de aprendizaje por descubrimiento, basado en problemas.

Palabras clave: Percepción, aprendizaje, educación superior.

Abstract

Know that there is a series of individual, social and psychological components that determine the attitude the students facing scientific training processes; dimensions and categories that help to understand the successes and failures obtained at the time of instruct scientifically to the students. The results obtained in students who were enrolled in a Bachelor's degree within the technological Institute located in the State of Veracruz, Mexico, about the way how taught science your best teacher, showed that learning style predominant by «discovery», «problem-based».

Keywords: perception, learning, higher education.

Introducción

Actualmente en México se considera que la educación científica y tecnológica es el eje articulador de una verdadera formación integral (Programa Sectorial de Educación 2013-2018. Marco Normativo. Capítulo I. Diagnóstico. Introducción y visión general). Sobre esta base se construyen propuestas que rediseñan currículos basándose en modelos didácticos desde los cuales se intenta instrumentar estas iniciativas, calificadas por muchos como innovadoras.

Si bien se trata de diseños curriculares articulados desde la propia ciencia, anidadas en el pensamiento funcional y pragmático, ejemplificado a través de la realización de proyectos, orientados por objetivos y metas, bajo algoritmos que intentan simplificar la complejidad de lo educativo, a la fecha no existe evidencia de las formas en que operan dentro de los planteles educativos, particularmente en el nivel superior.

En este sentido, la Educación Superior Tecnológica en México ha realizado esfuerzos importantes en torno a las formas en que se alfabetiza científicamente al estudiante, sin importar la carrera que se curse. Ello lleva a pensar en un modelo que se asume incluyente, de muchas maneras omnipresente, en el cual se privilegia las formas por encima de los medios, y estos incluso por delante de quienes los operan en la cotidianidad. Basado en ello, es posible percibir un enorme vacío teórico-conceptual que ayude a comprender, y no solo a explicar, el por qué muchos jóvenes estudiantes rehúsan aceptar que parte de su desempeño profesional pasa necesariamente por una sólida formación científica y tecnológica, e incluso, las razones por las cuales muchos

más muestran una franca resistencia a ser alfabetizados en este renglón. De la misma forma, no existe evidencia confiable que acredite el nivel de experticia con que los estudiantes egresan de los institutos tecnológicos, asumiéndose que su dominio de las tareas científico-tecnológicas es el suficiente, en virtud de haber cursado las asignaturas del plan de estudios. Ante ello cabe la necesidad de realizar investigaciones tendientes a esclarecer, desde el plano del cúmulo de creencias, saberes y valores que en conjunto integran las percepciones o representaciones de los estudiantes, el sentido que le confieren a las formas de enseñar y aprender a que están siendo sujetos.

Más allá de aspirar a la formación integral de los estudiantes, la alfabetización científica que se desarrolla en los institutos tecnológicos debe promover un ambiente institucional acorde a las exigencias educativas internacionales, mismas que demandan no solo de infraestructura y equipo, sino particularmente de docentes capacitados en la investigación y actualizados en las estrategias didácticas para la enseñanza de la ciencia. No se debe pasar por alto que "...la formación para la investigación científica puede ser entendida como aquella que desarrolla la cultura investigativa y el pensamiento crítico y autónomo que permite a los actores acceder a los nuevos desarrollos del conocimiento" (Díaz-Alarcón, 2012, p.17). Sobre esta base, el sentido crítico de los estudiantes es desestimado, al suponer que poco pueden aportar a las dinámicas de innovación curricular y didáctica, lo que pasa por alto que ellos poseen saberes pedagógicos que combinan valores y creencias que definen y orientan el sentido de sus acciones, y que se concretan en rituales y formas de intervención que definen lo que es la cultura escolar.

Si como afirman Khishfe y Lederman (2006), ya sea que se trate de la enseñanza o del aprendizaje, o bien de una formación científica o tecnológica, debe buscarse siempre la construcción de un saber integrado, no-atomizado, que permita elaborar visiones de conjunto, reflejo de un intelecto activo y en constante evolución, entonces las investigaciones deben contemplar este mismo principio totalizador. El cual se puede alcanzar a partir de las investigaciones cualitativas, bajo un paradigma cultural-humanista.

Metodología

La investigación se desarrolló como parte de las actividades del cuerpo académico denominado <<Cultura Empresarial y Desarrollo Social Sustentable>>, perteneciente al Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, localizado en Veracruz, México, con el financiamiento otorgado durante el periodo 2014-2015 por el Tecnológico Nacional de México.

El abordaje metodológico se definió de tipo cualitativo, en busca de "...lograr un conocimiento intensivo, profundo y detallado de y sobre los casos en los que tiene lugar el fenómeno de interés, generalizable para otras situaciones en las que dicho fenómeno ocurre" (Martínez-Salgado, 2012, p. 615), con criterios de validez basados en la intersubjetividad. Se parte de la tradición etnográfica, en la cual "...dependemos de nuestros informantes: nos interesamos por sus visiones del mundo, tratamos de comprender el sentido de sus prácticas, intentamos seguir sus pasos y su ritmo en la construcción de su sociedad y su cultura" (Velazco y Díaz de Rada, 1997, p.91-93), en busca de la construcción de la realidad en la que incursiona el investigador, por lo cual se exige una mirada epistémica que se opone a los pensamientos positivistas. A partir de ello se espera obtener un conocimiento del mundo simbólico. Esta alternativa se asume como la ideal cuando se trata de "...abordar un sector de la realidad humana "no documentado". Lo que quiere decir que no existe un desarrollo consolidado de teoría formal o general, por lo que se requiere de un trabajo de producción teórica sustantiva. Precisemos que una Teoría Sustantiva involucra el estudio de un fenómeno ubicado en un contexto situacional particular..." (Quintana y Montgomery, 2006, p. 54).

Para ello se recurrió al diseño de una pregunta rectora, que encauzara el sentido de la indagación hacia el fenómeno objeto de estudio, en virtud de considerar que "en el marco de la investigación cualitativa son más pertinentes las preguntas por lo subjetivo, lo cultural o el significado individual y colectivo de realidades de diferente naturaleza. Todas estas preguntas tienen como eje la indagación desde la lógica interna de los fenómenos y realidades analizadas" (Quintana y Montgomery, 2006, p. 55), la cual se centró en identificar «cómo les enseñó ciencia el mejor maestro que tuvieron durante la carrera».

La muestra seleccionada al azar incluyó el 33% (n=9) del total de los Institutos Tecnológicos ubicados dentro del estado (N=27), y consideró la opinión de 282 estudiantes que participaban en ese momento en un proyecto

de investigación (muestreo por especialistas) bajo la asesoría de un maestro, lo cual permitió obtener información válida para su análisis, al proporcionar evidencia sobre los aspectos de interés dentro de la problemática a indagar.

Para el análisis de datos se obtuvo primero una lista de códigos a partir de «significados, dimensiones y propiedades» identificadas dentro de la matriz de respuestas, las cuales derivaron de una categoría principal, posteriormente se crearon «familias» agrupadas según los estilos de aprendizaje propuestos por Villarruel-Fuentes (2014), mismas que consideraron el: 1) aprendizaje por transmisión-recepción, 2) aprendizaje por descubrimiento, y 3) aprendizaje significativo. Bajo el mismo criterio de agrupación, en una segunda dimensión se exploraron los hallazgos sobre los modelos didácticos para la enseñanza de la ciencia, donde se incluyeron el: 1) aprendizaje basado en problemas, 2) modelo experimental y 3) cognición situada. Finalmente se desarrolló un análisis sobre factores que inciden en la enseñanza de la ciencia a partir del contexto de actuación, como el uso de tecnologías, concientización del medio ambiente, problemas administrativos y divulgación de la ciencia. El análisis de resultados se realizó mediante el programa Atlas. Ti 6.2.

Resultados y discusión

Dimensión: estilos de aprendizaje

La formación científica del egresado de un Instituto Tecnológico se genera a partir de diversos factores: sujeto, contexto, estrategia, recursos y contenidos (Villarruel-Fuentes, 2014), mismos que deben ser considerados por el maestro que enseña ciencia. Con base en ello, es posible afirmar que los estudiantes de los diversos Institutos tecnológicos de estado de Veracruz despliegan diversos modelos didácticos y estilos de aprendizaje de la ciencia.

Bajo estas consideraciones, en el presente estudio se encontró que en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia los maestros consideraron los saberes previos de los estudiantes, los cuales se yerguen como determinantes en su formación científica. En este sentido, se recupera la estructura cognitiva del alumno en la enseñanza de la ciencia, al indicar un estudiante que “el mejor maestro explica sobre el tema para transmitir su conocimiento dejando aportar conocimientos propios para hacer un mejor plan de trabajo...” (E76-2015). Esta reflexión permite asimilar un aprendizaje significativo, mismo que “...se relaciona un nuevo conocimiento o información con la estructura cognitiva del aprendiz...” (Villarruel-Fuentes, 2014, p. 299). Pese a ello, se identificaron algunas inclinaciones hacia un aprendizaje por transmisión-recepción, catalogado por la transferencia de los contenidos de una materia. Los estudiantes en sus respuestas señalaron lo siguiente:

Explica los temas de manera entendible, pregunta sobre el tema a tratar, considera mi opinión, me pasa a escribir en el pizarrón, encarga tareas y proyectos, da la orden de que vayamos a investigar a la biblioteca (E50-2015).

Exponiéndonos teóricamente lo que se ha de realizar y luego poniendo ejercicios y resolviendo dudas como surjan e incluso volviendo explicar si así se le pide (E176-2015).

El maestro me explica el tema en busca de transmitir los conocimientos adquiridos, acepta mis opiniones de un tema. Realiza mis actividades dentro y fuera de clases. Hacer proyectos y aplicar los conocimientos (E222-2015).

Mi mejor maestro principalmente nos mostró un poco de la teoría que debíamos conocer, nos impulsó a saber más sobre posibles concursos... (E14-2015).

El profesor explica sobre el tema para transmitir su conocimiento dejando aportar conocimientos propios para hacer un mejor plan de trabajo y el resultado sea buscado para una excelente investigación (E76-2015)

Explica cada uno de los temas, siguiendo el término del curso donde enfatizó en los temas de más importancia por lo que en la función sería más fácil un aprendizaje mejor... (E116-2015).

Primero el maestro transmite la información sustentada, de ahí se le otorga al alumno y que por sí mismo busque información complementaria (E185-2015).

A través de todos sus conocimientos adquiridos con el tiempo, luego lo transmite hacia nosotros de una manera en que entendamos y pudiera practicar para poder aprender (E70-2015).

Lo anterior demuestra también que la enseñanza es todavía “...autoritaria y vertical, a través de la cual se obliga a los estudiantes a reconocer los contenidos, explícita o tácitamente, como dogmas” (Villarruel-Fuentes, 2014, p.297-298), lo que al parecer no considera la estructura cognitiva del estudiante. Sobre este talante, posiblemente los alumnos están expuestos al dominio del conocimiento de manera directa, sin oportunidad de refutar a partir de los saberes adquiridos, y alejando el diálogo e intercambio de ideas. En este sentido, se percibe “...una imagen de enseñanza como tarea fácil, en donde sólo es suficiente una buena preparación

disciplinar y una rigurosa explicación de la misma para ser efectivo y eficiente en un proceso tan complejo como la enseñanza/aprendizaje de la ciencia” (Ruiz-Ortega, 2007, p.45). A pesar del predominio de este tipo de enseñanza implementada por el maestro, se identifica una tendencia hacia la realización de proyectos mediante la aplicación directa de los conocimientos adquiridos.

En otro sentido, se mostró la presencia de un estilo de aprendizaje por descubrimiento, en donde al estudiante “...se lo (sic) considera como un sujeto, que adquiere el conocimiento en contacto por la realidad; en donde la acción mediadora se reduce a permitir que los alumnos vivan y actúen como pequeños científicos, para que descubra por razonamiento inductivo los conceptos y leyes a partir de las observaciones” (Ruiz-Ortega, 2007, p.46). Sobre este talante, los alumnos comentaron:

Realmente y basándome en los proyectos en que he participado. Las muestras han dejado de manera libre a que nosotros nos desarrollemos de manera independiente y mostremos nuestros conocimientos, el indagar de manera independiente ha logrado en mí que no tenga obstáculos. En el proyecto de investigación, en ese proyecto si tuvimos el apoyo directamente del maestro, nos enseñó como indagar de manera correcta lo cual logra que realicemos un buen proyecto de investigación (E28-2015).

Mi mejor maestro me enseñó ciencia más bien a hacer ciencia con mis ideas... me enseñó a explorar mi cerebro y a que los sueños más locos e increíbles pueden ser ciencia pura. Creer en mis ideas, aterrizando mis ideas, descubrir estrategias con mis propias ideas, me piden diseñar diferentes soluciones posibles para una problemática, elegir la mejor y la más viable, no desistir, me pide ajustar mis estrategias a mi realidad, retroalimentación a mis ideas, diseñar mi metodología, ser flexible (E57-2015).

Experimentando en el laboratorio, complementando la teoría con la práctica (E113-2015).

Mediante diseños de proyectos desarrollados dentro del aula animando a participar en proyectos, y así abriendo nuestro panorama más amplio y con esto observando que podemos mejorar. También observar nuestro alrededor a ver cómo podemos resolver o facilitar alguna acción o tarea a la sociedad (E12-2015).

La mejor forma que me enseñó ciencia es que yo mismo proponga ideas para el proyecto y con base en ello razonar si en verdad va ayudar en el proyecto. También en encontrar por ti mismo la solución a un problema (E16-2015).

A partir de una observación, identificar cuál es el problema, de ahí partir para dar un supuesto sobre el por qué y cómo se puede eliminar, implementar técnicas para mejorar lo cual permitirá determinar cuál es el problema y cómo se puede resolver (E79-2015).

Se puede apreciar como el maestro incide en el estudiante para que investigue sobre la base de su interés y formación profesional, soslayando la enseñanza tradicionalista en la que el estudiante se convierte reproductor de ideas y procesos. Se identifica el fomento de las habilidades científicas como hábitos para la formación del aprendiz, a partir del acierto y el error con las experiencias obtenidas, asimilado a la búsqueda de la generalización y con una actitud de los estudiantes como aprendiz de la ciencia. Sobre este estilo de aprendizaje, Villarruel-Fuentes (2014) comenta que “el instructor presenta al estudiante todas las herramientas necesarias para que pueda inmiscuirse en el proceso de descubrimiento, lo que se espera logra por sí mismo mientras selecciona lo que desea aprender” (p.299).

Sobre las opiniones encontradas en los estudiantes, es posible que el estilo de aprendizaje esté inclinado hacia el <<descubrimiento>>, debido a las explicaciones encontradas en el análisis. Aunque los estudiantes expresaron un estilo donde la transmisión del contenido y sus saberes eran considerados en el aprendizaje, las respuestas se mostraron superficiales, en comparación con la realización de proyectos que promueve la participación del estudiante a través de diversas tareas que exigen la aplicación de los contenidos.

Dimensión: modelos basados en el aprendizaje

La enseñanza de la ciencia se genera a partir de diversos patrones conceptuales que orienta la propuesta didáctica dentro de cada contexto educativo, en consideración a la figura del estudiante como aprendiz, o bien, pensado como «científico». Los hallazgos encontrados evidencian algunas orientaciones inclinadas hacia el Aprendizaje Basado en Problemas, no obstante, se pone en evidencia la inclinación hacia el Modelo Experimental y la Cognición Situada (Cuadro 1).

Sobre esta vertiente se aprecia que el predominio hacia el Aprendizaje Basado en Problemas, parte de “...una metodología centrada en el trabajo autónomo y en equipo de los estudiantes, quienes se autorregulan su aprendizaje” (Villarruel-Fuentes, 2014, p.31). Los estudiantes mostraron que los maestros encargan actividades en forma individual y en equipo, sujetos a la resolución de diversas problemáticas de su ámbito académico y

personal, con un claro sentido de utilización de la metodología científica a partir de generación de hipótesis y fundamentación teórica. Aunado a ello, las expresiones de los estudiantes mostraron una enseñanza promovida por el Modelo Experimental, caracterizado por tratarse “de un modelo mecánico, el cual puede ser posible debido a la elaboración previa de un pensamiento lógico-formal-asociativo, que posibilita el ordenamiento de dichos fenómenos” (Villarruel-Fuentes, 2014, p.303). En este sentido, se identifica que el maestro que enseña ciencia promueve en los estudiantes la expresión de sus opiniones y sus saberes acerca de los diversos temas tratados, lo cual sitúa en un conflicto cognitivo, mismo que genera la búsqueda, el rechazo o la aceptación de diversas creencias, valores o saberes del mundo. Sobre ello, es posible afirmar que este modelo “...no parece ser suficiente para rechazar definitivamente una concepción alternativa. Los alumnos pueden siempre proponer hipótesis auxiliares para salvar sus teorías implícitas” (Moreira y Greca, 2003, p.303).

Cuadro 1. El aprendizaje de la ciencia en estudiantes del nivel superior tecnológico de Veracruz, México.

Modelo Didáctico	Opinión de los estudiantes
Aprendizaje basado en problema	<p>A mi parecer me enseñaron ciencia en diferentes niveles, es decir, desde las introducciones antes de comenzar un nuevo tema, planteamientos de problemas interesantes, los cuales nos conllevan a la búsqueda de ideas para llegar a posibles soluciones y posteriormente nos basamos en teorías e hipótesis para llegar a las comprobaciones (E7-2015).</p> <p>Primero sería formular ideas para el desarrollo del problema, ya que se obtiene la idea de cómo se va a resolver, se plantean hipótesis que son la base de cómo se va a desarrollar la solución. También se realizan prácticas para llevar más a fondo la investigación y probar si es factible el resultado o si no es factible, se vuelve a resolver hasta encontrar la solución (E30-2015).</p> <p>Poniendo en práctica conocimientos adquiridos en clase, desde realizar una investigación más a fondo hasta plantear un proyecto que pueda resolver una de las problemáticas que afecta a la sociedad en la que vivimos (E11-2015).</p> <p>Planteando metas. Buscando alguna problemática que ocurre y es muy frecuente. Buscar las soluciones a esas problemáticas basadas. Tomar la solución la que se acerque más al problema (E42-2015).</p> <p>Resolviendo problemas con la ayuda del software. Para resolver estos problemas, primero el maestro explica para entender cómo funciona el programa, posteriormente se elabora una serie de ejemplos para familiarizarse y aprender a utilizar tales software (E48-2015).</p> <p>El maestro me pide observar y darle solución a un problema conforma a lo que ya se vio en clase y lo aprendido (E247-2015)</p>
Modelo experimental	<p>Mediante la investigación y formulación de proyectos. Hacer investigación experimental cuantitativa. Practicas sobre lo aprendido en un caso real (E72-2015).</p> <p>Desarrollando proyectos de investigación aplicados y obteniendo resultados, manejándolos con estadísticas para obtener resultados reales (E170-2015).</p> <p>Con prácticas en el laboratorio de ciencias, explicando y demostrando de manera práctica (E256-2015).</p> <p>Empleando un experimento sobre la medición de distintos factores de la planta, luego todo fue capturado en tablas y comparando con otro compañero (E251-2015).</p> <p>Mediante prácticas y experimentos realizados en el laboratorio o en el salón de clase y también exponiendo temas relacionados con las prácticas (E204-2015).</p> <p>Realizando experimentos y poniendo en práctica la concientización a nivel global. Poniendo en práctica la teoría y siendo repetitivo en su método de enseñanza con diversas maneras de enfoque (E101.2015).</p>
Cognición situada	<p>El profesor explica sobre el tema para transmitir su conocimiento dejando aportar conocimientos propios para hacer un mejor plan de trabajo y el resultado sea el buscado para una excelente investigación (E76-2015).</p> <p>El mejor maestro que enseña la ciencia primero muestra el tema, pregunta que sabemos sobre el tema, opinamos la importancia...compartimos ideas, aprendimos sobre el tema trabajado (E215-2015).</p> <p>Son excelentes maestros, ya que te explican teóricamente y que uno lleve a la práctica. Son muy accesibles para dar nuestras opiniones, para contribuir con la clase que estamos viendo (E59-2015).</p> <p>Aceptando las opiniones de los alumnos, explica los temas que están en el programa de manera clara y precisa; nos incentiva a investigar y proporciona información interesante (E119-2015).</p> <p>A través de diversos métodos creando un ambiente de confianza donde cualquiera puede participar o crear, y saber todo te ayuda a despejar los temas de forma clara (E38-2015).</p>

El análisis de los resultados permite aproximarse a un acercamiento del modelo didáctico <<Basado en Problemas>>, al identificar que los estudiantes ejecutan diversas actividades mediante la aplicación de la metodología científica para aportar soluciones a problemáticas situadas dentro de su contexto de operación. Bajo este contexto, posiblemente la formación tecnológica que se promueve en los diversos planteles genera una enseñanza experimental, acercando al alumno al paradigma positivista.

Aunado a lo anterior, se identificaron aspectos que promueven el desarrollo de la ciencia a partir de la divulgación realizada por maestros y estudiantes, ello se hace evidente a través de expresiones como la siguiente: “mi mejor maestro principalmente nos mostró un poco de la teoría que debíamos conocer, nos impulsó a saber más sobre posibles concursos y convocatorias para participar e ir adquiriendo más conocimientos acerca de la ciencia. Además para seguir aprendiendo ciencia es lo que necesitamos seguir aprendiendo, participando y poniendo en práctica conocimientos e ideas” (E14-2015); “...promueven la participación en congresos de ingeniería la participación de los alumnos en proyectos de innovación tecnológica...” (E74-2015). En otro sentido, se encuentra la ausencia de una cultura científica, mermada a partir de los obstáculos administrativos desplegados dentro de los planteles, condición apreciada por la opinión de algunos estudiantes, quienes realizan aseveraciones que indican como “...hay excelentes maestros, pero una pésima administración como los jefes de carrera de dirección y servicio social. Deberían apoyar más a los maestros que tienen proyectos y alumnos interesados en la ciencia” (E116-2015). Evidencia como esta muestra que en la apreciación de los estudiantes el servicio otorgado por el personal administrativo no es el adecuado, principalmente hacia los maestros que realizan las actividades de investigación; ello permite identificar pautas que generan la ausencia de una cultura científica dentro de los planteles educativos del estado.

Sobre este talante se muestra que también se está concienciando acerca del cuidado del medio ambiente a través de la enseñanza-aprendizaje de la ciencia, sustentado por las afirmaciones de los estudiantes quienes señalan: “tenemos que respetar el medio ambiente, para que no se siga extendiendo. Debemos de crear proyectos el cual no ocasione consecuencias al medio ambiente. Un proyecto debe ser sustentable y no poner en riesgo los recursos” (E228-2015); “mi mejor maestro de tecnología antes de enseñarnos ciencia entro antes al enfoque de sociedad, de los aspectos que se deben considerar en el ámbito laboral y sustentabilidad para poder aplicar de manera ética la ciencia y tener conciencia con ella, porque es importante el tener cuidado con el medio ambiente y seguridad social” (E144-2015); “que tenemos que cuidar el medio ambiente para no seguir contaminando la atmosfera para que no cause problemas y desarrollar proyectos de acuerdo a esta problemática” (E224-2015).

Aunado a ello, existe una clara orientación hacia las actividades tecnológicas como formas de intervención, desde donde se argumenta que “con ayudas de herramientas tecnológicas (laptop, internet, software, etc.) para entender y conocer los temas que se planteaban en la materia y así facilitar y mejorar la forma lógica de ver los distintos conceptos y sus relaciones. Después de entender la teoría íbamos a la práctica...” (E183-2015); “utilizando diferentes herramientas tecnológicas para mejorar mi educación y a la vez resolviendo problemas de la vida cotidiana y escuela” (E64-2015); “con tecnología avanzada, poniendo casos prácticos y dando información muy específica del tema” (E125-2015). Los hallazgos posiblemente están sujetos a la formación tecnológica que se recibe en los diversos planteles educativos, además de confirmar el predominio del paradigma positivista en los proyectos que realizan los maestros y estudiantes.

Conclusiones

Los resultados mostraron que en los Tecnológicos del estado de Veracruz existe predominio del estilo de aprendizaje por <<descubrimiento>>, el cual permite actuar al estudiante como aprendiz de la ciencia y/o científico, en busca del acercamiento a la realidad a partir de explorar el contexto de actuación. Sin embargo, aún existe una tendencia hacia la transmisión de contenidos, lo que termina que la enseñanza de la ciencia esté cargada de ideas paradójicas opuestas al pensamiento científico. Aunado a ello, existe una tendencia a considerar la estructura cognitiva del estudiante, al propiciar el conflictivo cognitivo y el acercamiento a las ideas que sustentan el conocimiento científico.

Sobre la enseñanza de la ciencia, es posible vislumbrar un aprendizaje <<Basado en Problemas>>, como un modelo donde el estudiante incursiona en proyectos de investigación con la aplicación del método científico, a partir de tareas sencillas, pero que permiten acercarlo en las actividades que realiza un investigador.

Por lo anterior, se sugiere replantear estrategias en el aprendizaje de la ciencia, aunado al abordaje que supone el paradigma positivista, por lo que es menester implementar proyectos desde el paradigma <<Cultural-Humanista>>, mismo que se valida a partir del contexto de actuación del estudiante, como una vía para la gestión y negociación de saberes dentro de los Institutos Tecnológicos de Veracruz.

Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México el apoyo brindado a través del financiamiento otorgado en la convocatoria 2014.

Referencias

1. Díaz-Alarcón, M. V. (2012). La formación para la investigación de los docentes universitarios como agentes de cambio ante los nuevos desafíos, *Didasc@lía: Didáctica y Educación*, 3(1), 13-24.
2. Khishfe, R. y Lederman, N. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418.
3. Martínez-Salgado, C. (2012). El muestreo en investigación cualitativa. Principios básicos y algunas controversias. *Ciencia & Saúde Coletiva*, 17(3), 613-619.
4. Moreira, M. y Greca, I. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuesta a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência & Educação*, 9(2), 301-315.
5. Programa Sectorial de Educación 2013-2018. (2013). Marco Normativo. Capítulo I. Diagnóstico. Introducción y visión general. Recuperado de: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5326569&fecha=13/12/2013
6. Quintana, A. y Montgomery, W. (2006). Psicología: Tópicos de actualidad. Lima: UNMSM.
7. Ruiz-Ortega, F.J. (2007). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 3(2), 41-60.
8. Velasco, H. y Díaz de Rada, A. (1997). La lógica de la investigación etnográfica: un modelo de trabajo para etnógrafos de la escuela. Madrid: Trotta.
9. Villarruel-Fuentes, M. (2014). Modelos educativos: didáctica para la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Humanidades, Educación y Comunicación Social*, 18(2), 294-314.

DESARROLLO DE SOFTWARE EDUCATIVO PARA LA UNIDAD IV DE RELACIONES EN LAS MATEMÁTICAS DISCRETAS

E. Osorio Barradas^{*}, G.T. Muñoz fuentes², J.M. Muñoz Lara³, R. Sánchez Bautista⁴ and Luis Alberto Luciano Morales⁵
1Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto tecnológico de Orizaba, Oriente 9 No. 852 Col.

Emiliano Zapata, Orizaba, Veracruz.

*barradas.coloquio@gmail.com

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

El éxito del proceso de modernización depende en buena medida de los cambios que se operen en su sistema educativo, y un poderoso agente de cambio en el rediseño de estrategias de enseñanza lo constituyen tecnologías tales como la informática, los multimedia, y las telecomunicaciones. Estos cambios son evidentes con relación al rol del maestro, y al tipo de experiencias de aprendizaje que se ofrecen al alumno. A medida que estas tecnologías se conviertan en herramientas de la labor docente, el aula de clase se irá transformando en un entorno más dinámico y libre de barreras, en el que sea posible un aprendizaje, crítico, exploratorio, multisensorial, cooperativo, centrado en el alumno, y en mayor interacción con el mundo real.

Este proyecto busca contribuir a la cuantificación y modernización de nuestro aparato escolar diseñando nuevos modelos de enseñanza apoyados en tecnología informática.

Palabras clave: Software, Educativo, Matemáticas, Relaciones

Abstract

The success of the modernization process depends on changes that will operate largely in its educational system, and a powerful agent of change in the redesign of teaching strategies technologies such as information technology, make it the multimedia, and telecommunications. These changes are evident in relation to the role of the teacher, and the kinds of learning experiences that are offered to the student. As these technologies become teaching tools, the classroom will be transforming into a more dynamic environment free of barriers, where possible learning, critical and exploratory, multi-sensory, cooperative, focused on the student, and more interaction with the real world. This project seeks to contribute to the quantification and modernization of our school apparatus designing new models of education supported by computer technology

Introducción.

Las funciones son una clase especial de Relación y son utilizadas prácticamente en todas las áreas de la matemática en particular en: cálculo diferencial e integral, geometría analítica, trigonometría y algebra.

Al estudiante se le dificulta ver la aplicación de las relaciones (relaciones con respecto a las funciones matemáticas) en el área computacional, ya que cada uno de estos tiene sus propias librerías de funciones estándar lo que permite al usuario adicionar más funciones con el objeto de hacerlos más ricos, fáciles y poderosos al momento de programar.

El propósito de esta investigación es lograr el conocimiento mediante la aplicación software educativo como instrumento didáctico, que tiene la finalidad de ser una guía práctica para el docente y un medio para generar y reafirmar los conocimientos del alumno adquiridos en el aula. Está dirigido hacia el razonamiento de los contenidos y a la construcción del conocimiento en la unidad de Relaciones, ofreciendo la posibilidad de estudiar de manera autodidacta a los estudiantes del primer semestre en el Instituto Tecnológico de Orizaba.

La creación de este software educativo se presenta como instrumento para alcanzar la gestión del conocimiento a través del cual los docentes y alumnos se pueden apoyar utilizándolo como recurso didáctico en la unidad de Relaciones que permita alcanzar aprendizajes significativos.

Este proyecto busca contribuir a la cuantificación y modernización de nuestro aparato escolar diseñando nuevos modelos de enseñanza apoyados en tecnología informática. Si concebimos e introducimos en las escuelas, modelos didácticos que se apropien las nuevas formas de conocer, aprender investigar, consultar e intercambiar información que han hecho posible las nuevas tecnologías, nuestra educación podrá participar más activa y eficazmente en la construcción de una sociedad futura más próspera, pacífica y ecuánime.

Desde el punto de vista metodológico la presente investigación aporta el diseño de un instrumento didáctico para el logro de la gestión del conocimiento, adaptándolo al plan de estudios de la asignatura de matemáticas Discretas.

Metodología

Diseñar un instrumento didáctico adecuado, basado en la tecnología de la información que gestione el conocimiento en el estudiante del nivel superior, en la asignatura de Matemáticas discretas en las áreas de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

La metodología utilizada para el desarrollo y aplicación del software a los alumnos del primer semestre en la asignatura de Matemáticas Discretas de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico de Orizaba, Ver., es la siguiente:

- ❖ Análisis del nivel de conocimientos que tienen los alumnos adquiridos a través de una cátedra tradicional.
- ❖ Análisis de los factores que influyen en el aprendizaje.
- ❖ Diseño y adaptación de un Software Educativo como medio de aprendizaje significativo y el logro de la gestión del conocimiento.
- ❖ Diseño un instrumento (cuestionario) que permita recopilar información sobre las variables y su frecuencia, para efectos de esta investigación.
- ❖ Aplicación el cuestionario para la recopilación de la información de interés.
- ❖ Análisis de los resultados obtenidos.

Tipo de Investigación

El estudio es de tipo exploratorio descriptivo, por medio del cual se pretende identificar las causas que determinan el bajo desempeño de los estudiantes, así como la identificación de los factores que repercuten negativamente en su proceso de aprendizaje, resaltando la importancia de la homogenización de la clase como elemento indispensable para la gestión del conocimiento significativo.

Operacionalización de Variables

Tal y como se explico en el planteamiento del problema, fueron seleccionados dos valores importantes para los fines de este estudio, considerando cada valor en una variable, con el propósito de poder determinar los

indicadores para cada una. Las variables son los valores que precisa el diagnóstico, siendo conocimiento y la didáctica, donde se encuentran implícitos, la gestión del conocimiento, y homogenización de la cátedra.

Población y Muestra

El Instituto Tecnológico de Orizaba cuenta con 8 carreras profesionales que cubren la necesidad académica de 5400 alumnos inscritos. De las cuales la carrera Ing. en Sistemas Computacionales incluye en su perfil académico la unidad 6 Teoría de Grafos en la asignatura de matemáticas discretas.

Siendo imperante el eficiente aprendizaje en las unidades de Relaciones de esta carrera profesional, ya que dichos temas son el soporte de asignaturas posteriores; surge la inquietud de realizar el caso práctico de esta investigación en el Instituto Tecnológico de Orizaba.

Cuando se pretende realizar un estudio como es la gestión del conocimiento, lo ideal sería obtener la opinión de cada uno de los alumnos que enfrentan la problemática y que al mismo tiempo son influidos por la misma.

Así que teniendo en cuenta que son un total de 92 alumnos, se decide tomar la población total como la muestra a analizar, considerando a los que cursan el primer semestre de carrera de Ingeniería en Sistemas computacionales, en la que se ofrece la asignatura que incluye la unidad de Relaciones, en el periodo en el cual se lleva a cabo la investigación, de manera que estarán representados los alumnos que cursan la asignatura en otro periodo, pero que no constituyen parte de la población a analizar y que en determinado momento enfrentan la misma problemática de la fragmentación del conocimiento, de ahí la importancia de la homogenización de la cátedra como instrumento de la gestión del conocimiento.

Así pues lo definido como subgrupo de la población¹, es decir la muestra para esta investigación comprenderá la población total de los alumnos que cursan el segundo semestre en la Ingeniería en Sistemas Computacionales en el periodo enero-junio-2015 en el Instituto Tecnológico de Orizaba, Ver. Empero a esta decisión se aplica la fórmula para determinar el número de alumnos n que se tienen que entrevistar, para tener un error estándar menor de 0.015, y dado que la población total es de 92 alumnos.

Resultados y discusión

Se diseña un instrumento cuestionario para poder obtener la información referida sobre el uso y manejo del Software Educativo, siendo de principal interés el conocer el punto de vista de los alumnos que cursan la unidad de Relaciones de la asignatura de Matemáticas Discretas.

Por tanto dos son las variables contempladas en este cuestionario de diagnóstico, el conocimiento y la didáctica.

El cuestionario consta de 15 preguntas de opción múltiple, de tipo nominal, a saber:

1. Totalmente en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. Algunas veces
4. De acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

Se aplica la prueba de alpha de cronbach para verificar la confiabilidad y validez del instrumento cuestionario

Trabajo a futuro

En esta sección debe incluirse el trabajo que falta por realizar.

CONCLUSIONES

Las conclusiones llevan a responder algunos de los cuestionamientos que se establecieron en el capítulo uno, además de reflexionar sobre los aspectos estudiados y evaluados del Tutorial en relación a los resultados.

La gestión del conocimiento de acuerdo con el análisis e interpretación de resultados del cuestionario que se aplicó para diagnosticar al Software Educativo, es posible a través de esta herramienta didáctica diseñada en este trabajo, ya que a criterio de los estudiantes que experimentaron dicho Software Educativo, obtuvieron un aprendizaje más rápido y fácil a diferencia de la enseñanza tradicional, en el tema de Relaciones. Generando conocimiento que en contraste con los libros de texto y las explicaciones por parte del catedrático no se logran.

En cuanto a la didáctica empleada en el diseño del Software Educativo I, este maneja herramientas adecuadas, con efectos auxiliares en el uso del mismo, tales como sonido y movimiento, los cuales fueron percibidos por los alumnos proporcionando un apoyo en el aprendizaje del estudiante.

Con respecto a estos efectos auxiliares, la música de fondo se consideró a criterio del discente adecuado y no como un elemento que obstaculizará el aprendizaje, de igual manera los movimientos se juzgaron propios y suficientes en el material didáctico.

RESPECTO A LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Una vez elaborado el análisis de resultados se está e condiciones de dar respuesta a las preguntas que originaron a este trabajo de investigación, las cuales sirvieron de guía para efectos de la misma.

¿Un Software Educativo como instrumento didáctico puede generar conocimientos, que a diferencia de los libros de texto y explicaciones por parte del catedrático no se logran?

Sí, el instrumento didáctico genera un conocimiento que a diferencia de los métodos tradicionales enseñanza – aprendizaje no se lograría.

¿Un Software Educativo como instrumento didáctico puede homogenizar la cátedra?

Sí, el Tutorial homogeniza la cátedra debido a que todos los estudiantes trabajan con el mismo nivel de información

¿El Software Educativo puede ser una herramienta didáctica de estudio atractiva al discente?

Si, puede serlo si contienen los elementos o efectos auxiliares adecuados para captar la atención del discente sin que estos obstaculicen el aprendizaje.

RESPECTO A LOS OBJETIVOS

Dentro del objetivo principal se encontraba el de lograr la gestión del conocimiento mediante la aplicación de un software Tutorial como instrumento didáctico dirigido hacia el razonamiento de los contenidos y a la construcción del conocimiento de las Matemáticas Discretas en la unidad de Relaciones, ofreciendo la

posibilidad de estudiar de manera autodidacta a los estudiantes del nivel superior en el Instituto Tecnológico de Orizaba, Ver., Mediante un cuestionario se pudo constatar que el Tutorial creado para efectos de esta investigación gestiona conocimientos que a diferencia de los otros métodos tradicionales de estudio y enseñanza no se logran. Los resultados de este cuestionario hacen notar que el Tutorial además de gestionar conocimientos mantiene una didáctica adecuada para el objetivo que se persigue con dicha herramienta.

La homogenización de la cátedra es posible mediante este Tutorial ya que proporciona el mismo nivel de información en los estudiantes, aun siendo distinto el catedrático que imparte la unidad de teoría de grafos, empero a esto, no se puede garantizar que sea el mismo nivel de conocimientos el que se gestione, ya que este depende en gran medida de la capacidad y habilidad del discente.

Se dio la aplicación del instrumento didáctico dirigido hacia el razonamiento de los contenidos y a la construcción del conocimiento de las Matemáticas Discretas tal y como se definió en uno de los objetivos específicos. Logrando a través de la aplicación de una metodología dinámica de enseñanza, que el alumno se involucrara en el aprendizaje de la unidad de la teoría de grafos de la asignatura de matemáticas Discretas. Introduciendo de esta manera al docente y al alumno en el uso del Tutorial.

Esto genera la difusión de la importancia de la herramienta computacional para el aprendizaje.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

Este tipo de investigación sobre el diseño de herramientas didácticas basada en la tecnología de la información no abunda dentro del SNIT y las instituciones educativas en México, sin embargo es imperativo realizarlas debido a los requerimientos del ámbito educativo y laboral que exige el mundo globalizado de hoy. Por lo que esta es la primera recomendación, continuar haciendo investigación y diseñando instrumentos didácticos para las instituciones educativas del Sector Público, ya que son estas quienes contribuyen aportando profesionales capacitados para afrontar las necesidades del mercado laboral.

Referencias

1. Cao, J-H.; Zhu, B-K.; Ji, G-L. and Xu, Y-Y. (2005). Preparation and characterization of PVDF-HFP microporous flat membranes by supercritical CO₂ induced phase separation. *J. Membrane Sci.* **(266)** 102-108.
2. Matsuyama, H.; Yano, H.; Maki, T.; Teramoto, M.; Mishima, K. and Matsuyama, K. (2001). Formation of porous flat membrane by phase separation with supercritical CO₂. *J. Membrane Sci.* **(194)** 157-165.
3. Mikawa, M.; Seki, N.; Nagaoka, S. and Kawakami, H. (2007). Structure and gas permeability of asymmetric polyimide membranes made by dry-wet phase inversion: influence of alcohol as casting solution, *J. Polym. Sci. B: Polym. Phys.* **(45)** 2739-2747.
4. Pinnau, I. and Koros, W. J. (1991). Structures and gas separation properties of asymmetric polysulfone membranes made by dry, wet, and dry/wet phase inversion, *J. Appl. Polym. Sci.* **(43)** 1491-1502.
5. Pinnau, I. and Koros, W. J. (1991). Relationship between substructure resistance and gas separation properties of defect-free integrally skinned asymmetric membranes, *Ind. Eng. Chem. Res.* **(30)** 1837-1845.
6. Reverchon, E. and Cardea, S. (2004). Formation of cellulose acetate membranes using a supercritical fluid assisted process. *J. Membrane Sci.* **(240)** 187.

7. Reverchon, E. and Cardea, S. (2005). Formation of polysulfone membranes by supercritical CO₂. *J. Supercrit. Fluids.* **(35)** 140-148.
8. Reverchon, E. and Cardea, S. (2006). PVDF-HFP Membrane formation by supercritical CO₂ processing: elucidation of formation mechanisms. *Ind. Eng. Chem. Res.* **45**, 8939-8946.
9. Reverchon, E.; Cardea, S.; Rapuano, C. (2006). Formation of poly-vinyl-alcohol structures by supercritical CO₂. *J. Appl. Polym. Sci.*, **104**, 3151.
10. Reverchon, E.; Schiavo Rappo, E. and Cardea, S. (2006). Flexible supercritical CO₂-assisted process for poly (methyl methacrylate) structure formation. *Polym. Eng. Sci.* **(46)** 188-196.
11. Temtem, M.; Casimiro, T. and Aguilar-Ricardo, A. (2006). Solvent power and depressurization rate effects in the formation of polysulfone membranes with CO₂-assisted phase inversion method. *J. Membrane Sci.* **(283)** 244-257.
12. Tsvintzelis, I.; Pavlidou, E. and Panayiotou, C. (2007). Porous scaffolds prepared by phase inversion using supercritical CO₂ as antisolvent I. Poly (L-lactic acid). *J. Supercrit. Fluids.* **(40)** 317-326.
13. Xu, Q.; Pang, M.; Peng, Q.; Jiang, Y. and Li, J. (2004). Application of supercritical carbon dioxide in the preparation of effect of biodegradable polylactide membranes. *J. Appl. Polym. Sci.* **(94)** 2158-2165.
14. Norton Peter Introducción a la computación.. Edt. Mac Graw Hill.
15. Quiñones, A (1996). Mecanismos Generativos en Anormalidad. Seminario en bases biológicas del conocer y de la comunicación humana. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.
16. Raymond, Eric. The New Hackers Dictionary. The MIT Press, 1991. (La versión electrónica "Jargon File Resources" Collins, English Dictionary. Colin Smith. Ed. Rand McNally.
17. Arellano Norka (2004) *Algunas herramientas de carácter constructivista para un aprendizaje significativo*. UNESCO. España.
18. Ary D. Jacobs Ch. Razavieh A (2000) *Introducción a la investigación pedagógica*. Mc Graw Hill. México.
19. Bisquerra, Rafael. (1989), *Métodos de investigación educativa: guía práctica*. España, CEAC.
20. Briones, Guillermo (2002). *Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales*. Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES). Disponible en: http://200.14.205.40:8080/portalicfes/home_2/rec/arc_77.pdf
21. Casas, J., García, J. y González, F. 2005. *Instrucciones para el desarrollo de la estructura del anteproyecto de investigación-acción*. CIIDET. Querétaro.
22. Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos, Liceo Baptista Pilar (2000.) *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill. México.
23. Vaquero, A. (1992). *Fundamentos pedagógicos de la enseñanza asistida por computadora*. Revista de Enseñanza y Tecnología: ADIE, N°6, pp.14-24.
24. Vázquez Martínez, Mario & García Moreno Raúl. *Diseño, Elaboración de Material Didáctico. La imagen su técnica y aplicación en la Instrucción*. CIIDET. 2003

Diseño de un Sistema Integral de Información para una Universidad Privada en el DF

I. Corzas García^{1*}, K. Torres Ramírez² A. Jarquín López³

¹Coordinación General de Apoyo y Tecnologías de Información, Universidad Justo Sierra, Av. Acueducto 914 Col. Laguna Ticomán, CP 07340, México D. F., México

²Coordinación General de Apoyo y Tecnologías de Información, Universidad Justo Sierra, 07340, México D. F., México

³Coordinación General de Apoyo y Tecnologías de Información, Universidad Justo Sierra, 07340, México D. F., México

*ivettec@ujsierra.com.mx

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

Se plantea y fundamenta la necesidad de un Sistema de Integral de Información Universitaria (SIIU) apoyado en una herramienta informática que permita mantener una estructura de datos flexibles y ágiles, dando cobertura a las necesidades de información de cada área así como de la propia Vicerrectoría y Rectoría de una universidad privada ubicada en el DF, debido a que estas áreas requieren de información fiable, homogénea y contrastada respecto a la generación de los mismos y algunos indicadores básicos de proceso. Por lo que es imprescindible contar con un abanico amplio de indicadores, que de forma complementaria y conjunta permitan conocer la realidad de la Universidad privada desde sus diferentes aristas, así como es imprescindible disponer de indicadores fiables y contrastados para fomentar el análisis, la planificación, la toma de decisiones y la necesidad de fortalecer la transparencia y la rendición de cuentas.

Palabras clave: Sistema universitario, rendición de cuentas

Abstract

It raises and establishes the need for a comprehensive system of University Information (SIIU) supported by a software tool that maintains a structure flexible and agile data, covering the information needs of each area as well as from the office itself and rectory of a private university located in Mexico City, because these areas require reliable, consistent and authoritative information regarding the generation of the same and some basic indicators of process. So it is imperative to have a wide range of indicators, complementary and jointly allow to know the reality of the private University from their different angles, as it is essential to have reliable indicators and contrasted to encourage discussion, planning, decision-making and the need to strengthen transparency and accountability

Introducción

La presente investigación evidencia la necesidad de realizar un Sistema Integral de Información Universitaria propuesto por la Vicerrectoría de una Universidad Privada ubicada en el DF, siendo su Coordinación General de Apoyo y Tecnologías de Información quien dé el impulso, diseño y coordinación a dicho proyecto. Dicha propuesta se genera a partir de la evidencia forjada por la falta de estandarización en el uso y manejo de información producida en diferentes áreas que componen a dicha universidad, y que muchas veces se encuentra de forma dispersa, siendo medida con criterios no homogéneos, obteniendo resultados poco comparables e impidiendo una visión global e integral debido a la falta de indicadores homogéneos que producen información sin calidad, generando así toma de decisiones equivocadas y poco oportunas. Por lo que la necesidad de compartir dicha información a todas las áreas es una prioridad que resulta permanente, ya que de ello dependen para generar los diferentes instrumentos de trabajo como, Planeación Anual, Informe Anual, Plan de Mejora, Resultado del

Plan De Mejora, así como los resultados del Programa de Gestión de la Calidad el cual incluye la Evaluación de Desempeño (Docente y No Docente, Índice de Satisfacción del Estudiante), todo lo anterior para realizar sus Informes anuales siguientes y los diferentes procesos de evaluación de sus propios proyectos, así como evidenciar el proceso de trabajo académico y administrativo en los que la UJS se ve inmersa como parte del cumplimiento de su filosofía, su misión, visión y planeación estratégica ante los diferentes organismos acreditadores y evaluadores a los que se somete. Por lo que unificar, homogeneizar y definir indicadores, disponer de información de calidad confiable que refleje fielmente la realidad, que permita la comparabilidad aportando la información necesaria a todos los agentes participantes que conforman a la antes mencionada Universidad, resulta una necesidad de alta prioridad a cubrir para poder dar continuidad al fortalecimiento de la Misión y objetivos estratégicos de dicha institución educativa.

Metodología del desarrollo del sistema:

Plataforma Tecnológica.

Los requerimientos de plataforma tecnológica para el desarrollo del Sistema Integral de Información Universitaria son los siguientes:

- Un servidor Apache 4.0 como mínimo
- Lenguaje de programación para desarrollo web, PHP
- Sistema gestor de Base de Datos, MySQL
- Acceso a Internet
-

Usuarios del sistema.

Los cuales dependiendo de la naturaleza de su función tendrán acceso a los diferentes módulos que se generen, los cuales se desglosan a continuación:

- Rector
- Vicerrector
- Directores de Programas Académicos (40 programas académicos)
- Directivos (Coordinación General de Apoyo y Tecnologías de Información, Dirección de posgrado e investigación Dirección académica, Dirección de Extensión Universitaria, Dirección de Enlace-Vinculación Universitaria)
- Directores de área (Dirección de Administración, Dirección de Recursos Humanos, Dirección de Sistemas, Dirección de Comunicación y Mercadotecnia, Dirección de Universidad Plantel San Mateo y Dirección Jurídica.
- Coordinadores

Módulos a implementar.

La propuesta del Sistema Integral de Información Universitaria, tiene por objetivo a corto plazo desarrollar los siguientes módulos.

- Primera etapa: Planeación estratégica
- Segunda etapa: Evaluación de la planeación
- Tercer etapa: Informe de resultados
- Cuarta etapa: Lista de necesidades
- Quinta etapa: Asignación presupuestal.
- Sexta etapa: Evaluación, implementación, mantenimiento e integración de nuevos módulos del SIU.

El proceso de Planeación Estratégica y operativa se pretende sistematizar para dar su continuidad, como una función institucional permanente y cíclica, que permita determinar prioridades de la gestión educativa de la Universidad; priorizando a dónde se quiere ir, cómo se intenta llegar, con qué recursos se dispone y cuáles son los recursos necesarios para el cumplimiento de los objetivos y metas estratégicas establecidas en el mediano, corto y largo plazo. Por lo que este sistema deberá permitir realizar la captura de la Planeación Anual, la cual es respuesta al Informe Anual y retroalimentación del Informe; lo que dará como resultado las acciones del Plan de Mejora de toda la Universidad de forma automatizada. Dicho Plan de Mejora se basa en el Sistema de Indicadores

gestionado en dicha Universidad, el cual involucra los procesos académicos, administrativos y operativos que se resumen en siete Macroindicadores establecidos con base en los siete Objetivos Estratégicos institucionales.

Integración del SIIU.

El SIIU es un sistema que se desarrollará con la finalidad de permitir el análisis, la planificación y generación de informes automatizados para la toma de decisiones de las diferentes áreas que conforma el Sistema Universitario Justo Sierra. Debido a la información sensible contenida en este sistema, la dirección del SIIU deberá estar integrada por la Coordinación general de apoyo y Tecnologías de la Información y Vicerrectoría.

Características técnicas del SIIU.

El acceso al sistema se realizará a través de un navegador de internet proporcionando soporte a la generación de información para la toma de decisiones mediante consultas y reportes. El SIIU debe presentar características importantes que permitan sea robusto técnicamente para facilitar la toma de decisiones como: creación de un almacén de datos unificado, intercambio automatizado de información entre las Direcciones y Coordinaciones de los diferentes planteles, así como de Vicerrectoría y Rectoría, disponibilidad de herramientas de validación, y disponibilidad de una herramienta que desarrolle de forma homogénea el cálculo de un conjunto de indicadores.

La Coordinación General de Apoyo y TI, deberá ser la encargada de coordinar la base de datos de la universidad a través del sistema de información (sistema de planeaciones) y de gestionar dicho sistema. También se deberá de verificar y validar dicha información, una vez incorporada en la plataforma del SIIU. Uno de los resultados de este proceso serán los informes de Datos y cifras del Informe de Vicerrectoría, en donde se requiere:

- El diseño de la estructura de la información: variables
- Procesos de validación
- La selección de los indicadores que calculará el sistema de forma automática.
- Los estadísticos a calcular de manera automática para la comparación Los usuarios y niveles de acceso
- El desarrollo será gradual y avanzara por áreas

La labor principal de la Coordinación General de Apoyo y TI (CGA y TI), consistirá en garantizar la homogeneidad de la información y la comparabilidad de los datos y los indicadores que se extraigan así como garantizar la protección de datos. LA CGA y TI deberá coordinar y supervisar la implantación del Sistema Integral de Información Universitaria, manteniendo comunicación con las Direcciones, coordinaciones y diferentes usuarios del SIIU, dependiendo de la naturaleza de su función, podrán solicitar el acceso al sistema de información, cumpliendo con el trámite institucional ante la instancia correspondiente para su autorización (Solicitud de alta). El personal responsable del Sistema Integral de Información Universitaria deberá comprometerse a contribuir en el proceso de modernización y desarrollo de la Universidad, brindando un servicio eficiente y eficaz a la comunidad universitaria, mediante la mejora continua de sus procesos sustanciales de trabajo. Así mismo se deberá controlar y autorizar las solicitudes de alta, baja, o cambio de cuenta de acceso al SIIU, de capacitación para la operación de los módulos, solicitados por los usuarios, así como de nuevas necesidades de información: reportes, consultas y procesos. Los usuarios del SIIU, dependiendo de la naturaleza de su función, deberán solicitar el acceso al sistema de información, cumpliendo con el trámite institucional ante la instancia correspondiente para su autorización (Solicitud de alta y cuenta de acceso). Otro tipo de usuarios también podrán tener acceso al SIIU dependiendo de sus necesidades específicas y cumpliendo con los requisitos y trámites de autorización correspondientes. (Evaluadores, acreditadores)

Resultados y discusión

Para dar cumplimiento al objetivo de la investigación que es Sistematizar el conjunto de procesos académicos, administrativos y de operación derivados de la planeación estratégica con el propósito de integrar la información, de las diferentes áreas que conforma el Sistema Universitario de una institución educativa privada en el DF, permitiendo el análisis, la planificación y generación de informes automatizados para la toma de decisiones, se identificó previamente la necesidad de compartir información a todas las áreas siendo esta una prioridad que resulta permanente, ya que de ello dependen para generar los diferentes instrumentos de trabajo como, Planeación Anual, Informe Anual, Plan de Mejora, Resultado del Plan De Mejora, así como los resultados del

Programa de Gestión de la Calidad el cual incluye la Evaluación de Desempeño (Docente y No Docente, Índice de Satisfacción del Estudiante), todo lo anterior para realizar sus Informes anuales siguientes y los diferentes procesos de evaluación de sus propios proyectos, así como evidenciar el proceso de trabajo académico y administrativo en los que la UJS se ve inmersa como parte del cumplimiento de su filosofía, su misión, visión y planeación estratégica ante los diferentes organismos acreditadores y evaluadores a los que se somete.

Actualmente todo el proceso anteriormente descrito se realiza de forma manual por cada responsable de área quien lo tiene bajo su resguardo hasta la fecha de entrega programada y enviado a su vez a Vicerrectoría, esto se realiza de forma anual, por lo que resulta repetitivo en cuanto al proceso y a la información compartida entre dichos documentos, siendo estos actualizados conforme su evaluación lo va refiriendo y al cumplir con los objetivos trazados, con lo cual resulta evidente la necesidad de optimizar recursos que pudieran acortar tiempos de trabajo.

La gestión de los procesos mencionados a lo largo de este planteamiento denota en las siguientes situaciones que requieren apremiante atención de solución:

1. Variedad de solicitantes de información.
2. Solicitud de datos en distintos momentos del tiempo.
3. Falta de definición de criterios en la solicitud de datos.
4. Elaboración y tratamiento manual de la información.
5. Información dispersa que impide una visión global.
6. Pérdida de información
7. Criterios de medida no homogéneos.
8. Dificultad para la comparabilidad de los datos al interior y exterior de la UJS.
9. Incremento en el número de peticiones de información para validar en los organismos evaluadores o acreditadores
10. Necesidad de atender un volumen creciente de peticiones de información, que afectan a diferentes áreas de actividad.
11. Falta de integración de información de las diferentes aéreas, direcciones, coordinaciones etc.
12. Requerimiento de Vicerrectoría para realizar los informes de Datos y cifras del Informe de Vicerrectoría.
13. Facilitar la generación de estadísticas universitarias
14. Generar de forma automática informes, reportes y evaluaciones de las planeaciones anuales
15. Cobertura de acuerdo a las necesidades de información en función de los resultados
16. Dar secuencia lógica a los procesos para obtener resultados que favorezcan la toma de decisiones
17. Generar de forma automática el informe de Vicerrectoría
18. Facilitar el análisis de la información
19. Facilitar la rendición de cuentas, generado un informe confiable y oportuno
20. Facilitar la toma de decisiones oportunamente
21. Integrar y presentar informes de resultados
22. Facilitar el acceso a la información de forma oportuna, relevante y veraz, que permita agilizar la toma de decisiones
23. Presencia de una arquitectura tecnológica base consolidada
24. Sistematización de los procesos ya establecidos.

Por lo que la disponibilidad de datos cuantitativos y cualitativos, exactos, coherentes y comunicados a su debido tiempo, resultan indispensables para efectuar un seguimiento eficaz de los progresos realizados hacia la consecución de los objetivos estratégicos Institucionales, que permitan no solo evaluar sino disponer de datos detallados para determinar en qué ámbitos se dan más disparidades y para facilitar una mejor planificación y evaluación en el plano institucional. Por lo que para esta Universidad es una necesidad y compromiso de acuerdo a su filosofía y misión integrar de manera efectiva y armónica todas las esferas relacionadas con los procesos de Planeación Institucional; con el propósito de ubicar las convergencias y divergencias entre lo proyectado y lo alcanzado, a fin de establecer las posibles rutas de mejora. En consecuencia de lo anterior la Vicerrectoría solicita la solución integral de las situaciones antes descritas apoyándose en la **Coordinación General de Apoyo** para

dar respuesta a dichas necesidades a través de una solución tecnológica que permita mostrar de forma integrada la información que sustenta a la Universidad.

Conclusiones

El Sistema Integral de Información Universitaria (SIIU) pretende crear y mantener un almacén de datos unificado para toda la universidad, generando un intercambio automatizado de información, al ser una herramienta disponible en la Web que desarrolla de forma homogénea el cálculo de un conjunto de indicadores que permiten la toma de decisiones oportuna y la rendición de cuentas y reflejo de la realidad que se vive en dicha Universidad Privada. Permitiendo a su vez apoyar los diferentes procesos de seguimiento y acreditación de los diferentes programas académicos, aportar información estadística universitaria a todos los agentes participantes de ésta, logrando así el acceso y generación de informes predefinidos automatizada para dar respuesta a las necesidades del órgano de gobierno de la institución educativa como lo es Vicerrectoría y Rectoría. Es por ello que el SIIU cubriría la necesidad de avanzar en el ámbito de la información estadística universitaria para que los agentes implicados puedan tomar sus decisiones con un mayor conocimiento.

En la siguiente ilustración se describe la estructura y periodos de generación de información a lo largo de un año que es realizado por las diferentes áreas que configuran a la institución educativa antes mencionada.

Ilustración 1. Periodos de generación de información de la Institución educativa privada en el DF



Fuente: Coordinación General de Apoyo y Tecnologías de Información

El dominio de las (TIC) Tecnologías de Información y Comunicación, es un requerimiento indispensable para ser integrado al proceso de evaluación permanente que se lleva a cabo al interior de esta institución educativa que permita optimizar y minimizar tiempos y mantener actualizada y accesible la información para las áreas correspondientes que la requieren para llevar a cabo sus diferentes procesos de acreditación, observación y evaluación del trabajo administrativo y académico realizado por las mismas, así como de disponer de informes automatizados, para dar respuesta a diversos organismos, a través del mantenimiento de criterios estables. Es por ello que la razón de diseñar un Sistema de Información Integral Universitario (SIIU) tiende hacia la explotación de la información con fines a apoyar la gestión administrativa en todos sus procesos: la planeación, la evaluación

y la toma de decisiones en las diferentes Direcciones, coordinaciones y áreas que integran al SUJS así como de Vicerrectoría.

Como consecuencia de los resultados obtenidos de la evaluación del Plan de Mejora, y con la intención de dar cumplimiento a lo planeado y responder a las premisas del Modelo Educativo, para facilitar y optimizar los Recursos Físicos de calidad, se pretende diseñar un Sistema Integral de Información de la Universidad que de manera automatizada permita planear las acciones desprendidas de los proyectos de forma congruente y alineada con los preceptos constitutivos de la Misión y Visión de la Universidad permitiendo impulsar el desarrollo integral de la comunidad Universitaria.

Por lo que dicha institución educativa, atendiendo a su Misión Universitaria, decide incorporar el Sistema Integral de Gestión de la Calidad a un Sistema Integral de Información de la Universidad que contenga los diferentes documentos rectores de la universidad los siguientes elementos:

- Planeación Estratégica,
- Planeaciones Operativas,
- Generación de Informe de Resultados,
- Evaluación del Informe de Resultados
- Plan de Mejora.

En donde además dicho sistema permita llevar un registro periódico (Encuesta de Satisfacción de Alumnos, Encuesta de Satisfacción de Docentes, Informe de Resultados) de la efectividad de sus recursos de apoyo académico para la atención a las necesidades de la comunidad Universitaria, y así aplicar medidas y acciones preventivas y correctivas para realizar acciones de mejora continua. De este modo se podrá contar con una sólida estructura para atender de manera clara y coordinada la Planeación Estratégica de la Universidad.

Referencias

1. Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Educación Superior. (2010). La ANUIES, ANUIES (http://www.anuies.mx/la_anuies/que_es/laanuies.php)
2. Universidad Justo Sierra.2014. Catálogo de Indicadores. UJS
3. Universidad Politécnica de Valencia. Centro de gestión de calidad y del cambio.2013. (http://www.upv.es/entidades/CQ/noticia_798437c.html)
4. Federación de Instituciones Mexicanas Particulares de Educación Superior. 2015. Manual: Sistema para el Ingreso y Permanencia Versión III. FIMPES. (<http://www.fimpes.org.mx/index.php/version-iii>)
5. Hernández-Sampieri, R. Metodología de la investigación.2010. McGraw-Hill
6. José Alberto Bazaldúa Zamarripa. 2012. La evaluación de la investigación en las Instituciones de Educación Superior: del reconocimiento de pares a las múltiples dimensiones de la investigación, Ganadores del Premio FIMPES 2012.FIMPES (<http://www.fimpes.org.mx/phocadownload/Premios/2Ensayo2012.pdf>)
7. M.G. Piattini, J.A. Calvo-Manzano, J.Cervera y L.Fernández. 2007. Análisis y Diseño detallado de Aplicación Informáticas de Gestión. ra-ma.
8. Universidad Justo Sierra. Programa del sistema integral de gestión de la calidad institucional.2014. Universidad Justo Sierra.

Herramienta para evaluación de competencias en Fundamentos de Programación Orientada a Objetos.

A. A. Domínguez Martínez ^{1*}, Y. Mexicano Reyes ¹,

¹Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Saltillo, Blvd. Venustiano Carranza 2400, Col. Tecnológico, C.P. 25280, Saltillo, Coahuila, México

* adominguez@itsaltillo.edu.mx

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

La formación de ingenieros en Sistemas Computacionales debe generar egresados competentes en programación Orientada a Objetos, utilizando Java, dicha competencia, se desarrolla en los primeros semestres de la carrera y actualmente cuenta con altos niveles de deserción y reprobación, sobre todo en la materia inicial, para apoyar en la resolución de este problema y apoyar de manera integral el proceso de aprendizaje se propone la construcción de una herramienta de software que permita mediante un test evaluar el nivel de competencia que presentan los estudiantes que han cursado dicha asignatura. La herramienta debe garantizar una medición real de cada competencia específica que el alumno debe adquirir y que es necesaria para el desarrollo de las otras competencias del perfil de egreso.

En este trabajo se muestran los resultados obtenidos en las fases de definición de competencias específicas, construcción del banco de reactivos, diseño del test y estrategias para su implementación.

Palabras clave: evaluación, competencias, programación, pruebas.

Abstract

The training of engineers in Computer Systems must generate competent graduates in Object Oriented Programming using Java, that competence is developed in the first semester of the race and now has high levels of desertion and failure, especially in the initial material, to assist in the resolution of this problem and comprehensively support the learning process building a software tool that allows through a test to evaluate the proficiency of nursing students who have studied this subject is proposed. The tool must ensure effective measurement of each specific expertise that students must acquire and which is necessary for the development of other competencies of the graduate profile.

This paper presents the results of the definition phase specific skills, building the bank of reagents, test design and strategies for your implementation.

Introducción

La generación de la herramienta en su desarrollo metodológico implicó el análisis y diseño de las competencias específicas que deben generarse en cada alumno al cursar la asignatura de Fundamentos de Programación Orientada a Objetos, esto nos permitiría focalizar los elementos en los cuales debe lograrse aprendizaje significativo en la materia inicial de las que conforman el bloque del paradigma de programación orientada a objetos. Usando dichos elementos se caracteriza la herramienta de software que permite evaluar el nivel de logro de cada competencia obtenida por cada alumno que realice el diagnóstico. A continuación se describen las actividades realizadas para su construcción incluidas en este documento.

En primer término se incluye el marco teórico utilizado en el desarrollo que incluye la descripción detallada de los componentes específicos de la programación orientada a objetos atendidos en la materia de Fundamentos de Programación, donde se muestra como se caracteriza el ser competente programando en Java en el mundo real. El objetivo es identificar que competencias teóricas y prácticas consideradas en una certificación deben ser atendidas en la asignatura.

En seguida se analizan las alternativas de evaluación disponibles que puedan ser utilizadas al desarrollar la herramienta de diagnóstico. Para ello debemos referirnos a una conceptualización de la evaluación como elemento de gran apoyo en el proceso de enseñanza aprendizaje, que nos permita establecer la caracterización del test a desarrollar. Las fases del estudio, incluyen, el análisis del programa de la asignatura de Fundamentos de Programación orientada a objetos, cuyo resultado es la obtención y categorización de las competencias específicas deben ser consideradas para generar los componentes de evaluación para realizar la herramienta mencionada.

En seguida se procede a describir como se realizó la definición de los elementos y herramientas que se utilizarán lo que permite la construcción del banco de reactivos que soportará el programa de diagnóstico. Posteriormente se muestran las consideraciones y requerimientos aplicados en la construcción del programa que permitirá como herramienta de diagnóstico evaluar el nivel de competencias demostrado por el alumno que lo lleve a cabo.

Finalmente se expone los resultados obtenidos con el desarrollo de la herramienta, considerando las estrategias para llevar a cabo su implementación con los alumnos. También se incluyen los posibles temas a considerar en trabajos futuros sobre esta línea de investigación.

Marco Teórico

La competencia de programación en el paradigma de orientado a objetos en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales constituye el pilar fundamental de la formación profesional en conjunto con las otras diversas áreas del conocimiento al egreso del nivel licenciatura. En las últimas décadas la programación de computadoras se ha convertido en un área muy interesante y atractiva para los jóvenes que puede representar un peso importante al momento elegir su carreras. Sin embargo el aprender a programar no es tarea fácil, muchos programadores principiantes se enfrentan a una amplia gama de dificultades y deficiencias, lo que ha causado que se considere a los cursos de programación como algo difícil. Generalmente se requiere de unos 10 años de experiencia para que un programador novato pueda convertirse en un programador experto [Winslow, 1996]. Ante esta afirmación, el cursar una carrera profesional, no incluye tiempo suficiente para alcanzar el nivel de experto.. Aunque estos datos se obtuvieron cuando prevalecía la programación estructurada, con el cambio de paradigma los índices se mantienen similares.

El paradigma de programación orientado a objetos, en nuestra institución se ha adoptado como el adecuado e indispensable para que los egresados puedan ser competitivos en el mercado laboral. Como menciona Izquierdo [2007], la programación orientada a objetos debe considerarse por sí misma como una filosofía, una forma de pensar particular ya que representa un modelo de programación, con su teoría y su metodología, que conviene conocer y estudiar antes que nada para apropiarse de este paradigma. A su vez define un lenguaje orientado a objetos, como aquel lenguaje de programación que permite el diseño de aplicaciones orientadas a objetos.

En este paradigma mencionado es en el que deben desarrollarse las competencias, pero debe implementarse y aplicarse considerando un contexto real; para ello se ha seleccionado usar la tecnología Java de Oracle como el lenguaje orientado a objetos a emplear. Esta decisión implica alinear la parte práctica de las asignaturas involucradas para aprovechar dicha tecnología.

Considerando el ambiente profesional de la tecnología Java un estudiante al egresar deberá cumplir con ser competente como Programador Java para la edición estándar, esto involucra tener un buen desempeño en:

- Analizar un problema de negocio para reconocer los objetos y las operaciones que forman los bloques integrantes del diseño de programas Java
- Declarar un método con argumentos y valores de retorno
- Declarar e inicializar variables
- Declarar e instanciar matrices y ArrayLists y poder iterar con ellas
- Definir el término
- Mostrar la sintaxis de programación Java

- Describir ejemplos de cómo se utiliza Java en aplicaciones, así como en productos de consumo
- Describir cómo se manejan los errores en un programa Java
- Describir las ventajas de utilizar un entorno de desarrollo integrado (IDE)
- Desarrollar clases y describir cómo declarar una clase
- Instanciar un objeto y utilizar de forma eficaz variables de referencia de objetos
- Enumerar y describir varias características clave de la tecnología Java
- Enumerar varios tipos de datos primitivos
- Utilizar la herencia para declarar y definir una subclase de una superclase existente
- Utilizar operadores, bucles y construcciones de decisión
- Escribir un programa Java simple que se compile y ejecute correctamente

Con el dominio de estos aspectos un alumno puede certificarse como Programador Java y si obtiene un resultado acreditado en el examen “Java SE 7 Programmer I 1Z0-803” será certificado con validez mundial. Durante el desarrollo de nuestro proyecto será necesario delimitar que desempeños deberán ser propiciados por la materia de Fundamentos de Programación.

El otro componente de nuestro trabajo corresponde a la evaluación como el proceso que permitirá definir los instrumentos para cuantificar el logro de competencia alcanzada por los alumnos. Villar y Alegre [2004] mencionan que la evaluación es el elemento de verificación que debe ser utilizado en el proceso de aprendizaje que nos permite realizar mediciones en forma global del proceso, la evaluación nos permitirá conocer la eficacia del proceso llevado a cabo conforme lo planeado y en caso de ser necesario, la evaluación, será una fuente de información imprescindible para reestructurar o modificar, según sea el caso, el conjunto de actividades que forman el proceso de aprendizaje con el objetivo de mejorar los resultados obtenidos en previas implementaciones.

Acorde a esta noción de la evaluación debe considerarse que técnicas de evaluación pudieran ser utilizadas para lograr el propósito establecido y se toman en cuenta las mencionadas por García-Beltrán et al. [2006]:

- Exámenes de teoría.
Se orientan a valorar la cantidad de información retenida por los alumnos.
- Exámenes de problemas
Permiten valorar la capacidad de relación y de razonamiento de los alumnos.
- Exámenes orales
Permiten el mayor grado de libertad posible al alumno en la respuesta, ya que normalmente, se le pide que desarrolle por completo, durante un tiempo determinado, uno o varios temas teóricos, o bien que resuelva uno o varios problemas concretos.
- Realización de trabajos o proyectos
Puede convertirse en otra forma de evaluación consistente en el diseño y desarrollo de un trabajo o proyecto que puede entregarse durante o al final de la asignatura
- Pruebas de respuesta objetiva
Prueba cerrada o de tipo test tienen como una de sus principales ventajas el que se puedan diseñar para comprobar muchos tipos de objetivo.

Dada la versatilidad de las preguntas de respuesta objetiva se muestran con ventaja con respecto a las otras técnicas, de acuerdo con las características del objeto de estudio, por lo que la decisión de instrumento de evaluación a utilizar se inclina por la prueba cerrada para la construcción de nuestro test.

La prueba cerrada es un instrumento de evaluación que puede utilizarse en general a título informativo y que el alumno puede realizar con carácter voluntario, eliminando inconvenientes como estrés o presión que pudieran afectar el desempeño en la realización de la prueba. Desde la perspectiva del docente debe considerarse como un elemento que de forma positiva es capaz de mantener activos, motivados y orientados a los alumnos durante el proceso de aprendizaje. A manera de ejemplo, puede ser ideal realizar una prueba objetiva cada unidad o cada mes de avance del curso. Esto representa una propuesta de un sistema regular de autoevaluación que permite contar con un conocimiento del avance en el desarrollo de la asignatura tanto por parte del alumno como por parte del profesor. Consideramos muy importante mantener la filosofía de que el test solo proporciona información que no afecta o forma parte de la evaluación formal realizada por el docente, esta herramienta es una autoevaluación ajena a si el alumno está cursando o ya ha cursado su asignatura.

Metodología

Identificación de competencias

De acuerdo con la competencia considerada de programación orientada a objetos, ¿es necesario esperar a que se cursen y aprueben todas las asignaturas involucradas para considerar la competencia como lograda? Para contestar esta pregunta establecimos que en congruencia con los aspectos de una competencia, que si el logro de una competencia implica un proceso, cada asignatura puede convertirse en un subproceso que puede caracterizarse con sus competencias específicas con todos los aspectos establecidos, sin que esto impida su reforzamiento en los cursos subsiguientes

En el contexto en que debe desarrollarse el paradigma de programación empleando la tecnología Java, se procede a revisar el listado de desempeños y se establece relacionarlos con la asignatura para obtener un conjunto de desempeños principales que deben ser atendidos al cursarla. Para la asignatura de Fundamentos de Programación Orientada a Objetos se debe atender:

- 1) Escribir un programa Java simple que se compile y ejecute correctamente
- 2) Declarar un método con argumentos y valores de retorno
- 3) Declarar e inicializar variables
- 4) Mostrar la sintaxis de programación Java
- 5) Enumerar varios tipos de datos primitivos
- 6) Desarrollar clases y describir cómo declarar una clase
- 7) Instanciar un objeto y utilizar de forma eficaz variables de referencia de objetos
- 8) Utilizar operadores, bucles y construcciones de decisión
- 9) Describir las ventajas de utilizar un entorno de desarrollo integrado (IDE).

Una vez obtenidas las competencias a desarrollar, se estableció una clasificación para manejar en el desarrollo de la herramienta de diagnóstico y contar así con un primer elemento de caracterización del programa. Se formularon las siguientes categorías:

- Saberes. Se incluirán las competencias relacionadas con el conocimiento léxico, sintáctico y semántico del Lenguaje de Programación y del paradigma de programación orientada a objetos.
- Capacidades. Aquí se toman en cuenta las aptitudes necesarias para la programación orientada a objetos dentro del contexto de Java.
- Habilidades. Se determina como habilidad a la evolución de las capacidades incorporadas a la realización de acciones prácticas además del uso de metodologías y técnicas específicas para la solución de problemas en un contexto dado.

Análisis de la asignatura

Una vez establecidas las categorías de las diferentes competencias, se procedió a realizar un análisis del temario de Fundamentos de Programación Orientada a Objetos, con la finalidad de ubicar cada contenido temático incluido durante el curso para identificar la categoría a la que pertenece.

El programa de la asignatura de estudio se conforma de seis unidades de aprendizaje denominadas:

- I. Introducción a la programación.
- II. Fundamentos de programación Orientada a Objetos.
- III. Tecnología Java.
- IV. Elementos del lenguaje.
- V. Clases instanciables.
- VI. Estructuras de control.

Durante el análisis se encontró que algunos temas pueden pertenecer a dos categorías, pero se decidió ubicar cada tema en una sola categoría, la que fuera la más representativa por su contenido.

Construcción de reactivos

Como se eligieron las pruebas objetivas como instrumento de evaluación, se procede a la construcción de reactivos. Para ello y tomando en cuenta las características del examen de selección aplicados a los alumnos

de nuevo ingreso, como lo es el examen de CENEVAL y los test psicométricos, se determina que el empleo de reactivos de opción múltiple es una buena alternativa.

Los reactivos de opción múltiple corresponden a una técnica, que plantea una pregunta, situación o problema, llamado "reactivo", este se compone de un enunciado y un conjunto de respuestas, denominadas opciones. Entre estas opciones hay una correcta, llamada solución, y otras incorrectas, conocidas como distractores. El número de respuestas opcionales en cada reactivo depende de la probabilidad que se acepte de que un alumno conteste bien al azar. En el examen CENEVAL se presentan cuatro opciones en cada reactivo, incluyendo la correcta. Otros autores como Leuba y Kessler sugieren usar cinco opciones por reactivo.

Para generar nuestros reactivos se establece como requerimiento de diseño que se utilizarán 5 respuestas, una correcta y cuatro distractores, además es necesario incluir un mensaje de retroalimentación que muestre a los usuarios por que no es la respuesta al enunciado proporcionado (distractor). El mensaje de retroalimentación se ha definido para reforzar los conocimientos de los usuarios, recordándoles el significado, acción o interpretación que se da a la respuesta seleccionada, con ello no se le indicará cuál es la respuesta correcta si no fue elegida.

Figura 1. Formulario para incorporar reactivos en la herramienta de diagnóstico.

La Figura 1 muestra el formulario diseñado para consultar y visualizar los reactivos elaborados. El conjunto de reactivos será almacenado en una base de datos cuyo diseño se muestra en la Figura 2.

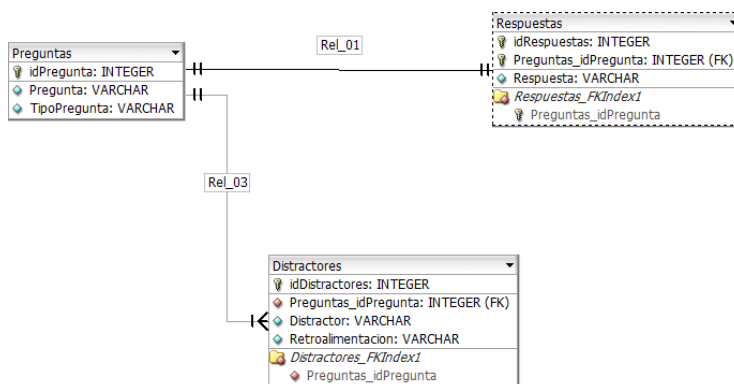


Figura 2. Diseño Entidad-Relación para almacenar reactivos.

Diseño del test.

Una vez que se ha automatizado la implementación del banco de reactivos que dará soporte a la herramienta de diagnóstico, se procede a establecer los requerimientos que deberán ser considerados en la construcción de test que se empleará como herramienta de diagnóstico.

Los requerimientos planteados que delimitan la construcción del programa son:

- Presentación del test.
Se debe considerar que los reactivos que integren el test o cuestionario deben ser accesibles en todo momento en pantalla, de tal forma que el alumno los pueda contestar en orden secuencial o no secuencial y de ser necesario revisarlo de manera ágil cuantas veces sea necesario.
- Orden de reactivos
El cuestionario se forma por 10 preguntas, de tal forma que se garantice que en cada intento la posibilidad de que se muestren las mismas preguntas y en el mismo orden sea muy pequeña. Esto implica una generación de cuestionario en orden aleatorio, para evitar las inconveniencias de las pruebas objetivas, entre ellas que el alumno memorice el orden de las preguntas y las opciones correctas en cada una. Para ello se debe contar con una relación mínima de 4 a 1 de reactivos, por cada competencia específica, incluidos en el banco de reactivos.
- Presentación por reactivo.
Adicionalmente cada pregunta seleccionada del banco para el test deberá mostrar en forma aleatoria la respuesta correcta y los cuatro distractores, por lo que si el alumno observa una pregunta que en otro intento haya contestado, lo visualizará en forma diferente.
- Terminación del test.
Además de que en cada intento del test debe ser de fácil accesibilidad para que el alumno pueda en cualquier momento realizar cambios en las respuestas seleccionadas. Para indicar que ha terminado el test deberá emplear doble confirmación para ser finalmente evaluado y se elimine la posibilidad de terminar el test en forma accidental.
- Evaluación del test.
La herramienta de diagnóstico deberá proporcionar como evaluación una bitácora con los resultados obtenidos y la retroalimentación necesaria, en caso de haber proporcionado respuestas incorrectas. Utilizar una escala de 0 a 10 para indicar el resultado cuantitativo del intento realizado.
- Resguardo del intento.
La bitácora obtenida debe ser susceptible de ser almacenada para obtener perfiles de desempeño de cada elemento considerado en la prueba.

Resultados y discusión

Competencias Java a desarrollar en la asignatura.

Como resultado de la identificación de competencias se obtiene la Tabla 1 donde se muestra que de las 9 competencias que son atendidas en la materia 4 pertenecen a la categoría de Saberes (44% del total de competencias), 3 a la categoría de Capacidades (33%) y solo 2 a la categoría de Habilidades (22%)

Tabla 1. Categorización de competencias de Java atendidas en Fundamentos de Programación.

Categoría	Competencia
Saberes	a. Declarar un método con argumentos y valores de retorno b. Declarar e inicializar variables c. Mostrar la sintaxis de programación Java d. Enumerar varios tipos de datos primitivos
Capacidades	e. Desarrollar clases y describir cómo declarar una clase f. Instanciar un objeto y utilizar de forma eficaz variables de referencia de objetos g. Utilizar operadores, bucles y construcciones de decisión
Habilidades	h. Describir las ventajas de utilizar un entorno de desarrollo integrado (IDE) i. Escribir un programa Java simple que se compile y ejecute correctamente

Competencias específicas.

En el análisis de la asignatura, la considerar todos los temas y subtemas incluidos en el programa de estudio se obtuvo como resultado la relación de competencias que se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Competencias específicas por unidad de aprendizaje de acuerdo al programa.

Unidad	Competencia
I	<ul style="list-style-type: none"> • Identifica y clasifica un software de acuerdo a su función principal y situaciones donde se aplica. • Conoce las características del paradigma de programación orientada a objetos
II	<ul style="list-style-type: none"> • Define claramente clase, objeto, atributo y método. • Construye un diagrama de clase UML
III	<ul style="list-style-type: none"> • Instala el JDK en una computadora. • Ejecuta un programa escrito en Java en una computadora a partir del código fuente.
IV	<ul style="list-style-type: none"> • Identifica el orden de evaluación de operaciones en una expresión Java. • Construye un programa simple usando la estructura general de Java. • Enumera los tipos de datos simples en Java y sus características,
V	<ul style="list-style-type: none"> • Incorpora atributos a una clase instanciable. • Incorpora métodos set y get de una clase instanciable. • Incorpora métodos con parámetros en una clase instanciable,
VI	<ul style="list-style-type: none"> • Implementa el método main en una clase Test. • Utiliza el ciclo for en una solución Java. • Utiliza la sentencia switch en una solución Java

Con esta lista de competencias es posible realizar la elaboración de los reactivos que permitirán evaluar cada una de ellas. La definición de competencias específicas alineadas con cada tema es de gran importancia para establecer alternativas de reactivos que permitan atender su dominio por parte del alumno que ejecute el diagnóstico y aunque se superan las 9 competencias de la tecnología Java, obtenidas en la identificación de competencias, esto permitirá contemplar el nivel de profundidad que maneja la asignatura en cada uno y que de forma integrada responde al logro de las seleccionadas.

Trabajo a futuro

Hasta la fase de desarrollo considerada en esta etapa como trabajo futuro se identifica la implementación del test en la institución y el uso por parte de los alumnos, pueden realizarse análisis de correlación entre los resultados que se almacenen en las bitácoras contra las calificaciones que se obtengan en la asignatura. También la misma herramienta puede ser valorada para conocer el desempeño de cada reactivo utilizado para conocer su efectividad y otras referencias que puedan ser de utilidad para los participantes en el proceso (institución, departamento, docentes y alumnos)

Conclusiones

Con los resultados obtenidos de las actividades desarrolladas se reafirma la importancia de las competencias a desarrollar por parte de la asignatura de Fundamentos de Programación Orientada a Objetos, al identificar cada competencia específica que debe lograrse en los estudiantes al cursar dicha asignatura, y su aportación a las competencias de egreso de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales para lograr el objetivo de profesionistas competentes.

Con la alineación de las competencias específicas con los desempeños que se valoran en un examen de certificación sobre la tecnología Java, el alumno desde su primer semestre de carrera podrá autoevaluarse, a

través de la ejecución del diagnóstico en los equipos destinados para ello, lo que seguramente le permitirá un mejor desempeño al tratar de acreditarlo.

Los docentes ahora cuentan con un marco de referencia sobre las competencias que deben lograr sus alumnos y puede ligar de manera directa la asignatura de inicio de carrera con lo que la sociedad y los empleadores requieren para aplicar la programación orientada a objetos.

El diseño de reactivos ha proporcionado gratas experiencias al permitir establecer alternativas para que un alumno demuestre si domina o no una competencia, así mismo, la retroalimentación de los distractores les permite a los alumnos identificar porque no corresponde su respuesta y corregir desviaciones en su desarrollo de competencias, una vez que termine la asignatura o al menos posea un avance del 70% del curso. Esto le permitirá un mejor desempeño en futuras tareas.

Finalmente se considera el hecho de que el diagnóstico se lleve a cabo de manera independiente, de la evaluación formal de la asignatura, deberá proporcionarnos información más cercana a la realidad del logro de la competencia, ya que es una autoevaluación que puede aplicar en cualquier momento.

Referencias

1. "Conceptos fundamentales de Java SE 7," consultada en Internet el 19 de enero del 2015. Dirección de internet: <http://education.oracle.com/>
2. García Beltrán, A. R. Martínez, R., J. Jaén y S.Tapia, "La autoevaluación como actividad docente en entornos virtuales de aprendizaje/enseñanza", Revista de Educación a Distancia 2006. consultada por Internet el 24 de abril del 2015. Dirección de internet: http://www.um.es/ead/red/M6/garcia_beltran.pdf.
3. Izquierdo, Luis R Introducción a la programación orientada a objetos, recuperado el 20 de mayo de 2015 de <http://luis.izqui.org/resources/ProgOrientadaObjetos.pdf>.
4. Tobón, S. "Formación basada en competencias. Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica", 2 ed. Bogotá: ECOE Ediciones.
5. Villar, L.M. y Alegre O.M. (2004), "Manual para la excelencia en la enseñanza superior", Mc Graw-Hill, 2004.
6. Winslow, L. E. "Programming pedagogy – a psychological overview," SIGCSE Bulletin, vol. 28, no. 3, Septiembre 1996

Propuesta para la realización de prácticas de software para la ingeniería acreditada de sistemas computacionales.

L. Carreón Romero^{1*}, M.E. Carreón Romero²,

¹Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México.

²Academia de Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, 73960, Teziutlán, Puebla, México.
*laura.carreon@itsteziutlan.edu.mx

Área de participación: Investigación Educativa.

RESUMEN

La presente investigación aborda la problemática que actualmente manifiesta la carrera de sistemas computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (ITST), y que es precisamente, la elaboración de las prácticas que el docente planea llevar a cabo en las materias que impartirá, ya que actualmente se diseñan con respecto a los contenidos temáticos del programa de estudios, sin considerar las competencias que el estudiante domina en relación al nivel de avance de la carrera cursada. Por lo cual se propone diseñar una guía para la realización de prácticas alineadas a la materia de programación con la habilidad del desarrollo de aplicaciones de software.

ABSTRACT

This research addresses the problems currently manifests the career of computer systems Teziutlán Higher Technological Institute (ITST), and that is precisely the development of practices that teachers plan to accomplish in the subjects they taught, as currently regarding the topics of the curriculum are designed without considering the skills that the student has mastered in relation to the level of progress that submitted career. Therefore it is proposed to design a guide for conducting the field aligned programming with the ability of software application development practices.

ANTECEDENTES

Un elemento prioritario para obtener y conservar la acreditación de una carrera de ingeniería es la realización de prácticas en las asignaturas teórico-prácticas que integran el plan de estudios de la carrera.

Las prácticas profesionales, entre otras son actividades que coadyuvan a fortalecer la formación profesional en las instituciones de nivel superior. Dicha estrategia está dirigida a relacionar la teoría con la práctica "saber hacer", (Posada Álvarez, 2004) a través de un proceso educativo estrechamente ligado a los problemas y necesidades de la población. De esta manera las prácticas profesionales constituyen un factor importante en la formación académica de los estudiantes, así como en el desempeño del profesionista recién egresado, que se enfrentará a las demandas del mundo laboral y los procesos productivos de las empresas mediante la aplicación de las competencias adquiridas dentro del aula (Ruiz Lugo, 2007).

La aportación de Bunk (1994) es significativa al respecto. Para el autor, "la transmisión de las competencias (mediante acciones de formación) se basa en la acción. El desarrollo de la competencia integrada (competencia de acción) requiere de una formación (o de un desarrollo según se trate) dirigida a la acción; es decir, puede y debe relacionarse con las situaciones de trabajo con el fin de que la competencia cobre su sentido genuino y global. De este modo, en los procesos de formación basada en competencias, los procesos de aprendizaje que se favorecen deben orientarse hacia la acción del participante. Dejando claro que las prácticas orientadas al saber hacer, ayudarán al desarrollo de competencias profesionales del estudiante.

Por lo anterior el uso de prácticas en el aula ayudarán a fortalecer una de las competencias profesionales más importantes de los estudiantes de la carrera de sistemas computacionales; Definiendo como competencia profesional el resultado de un proceso de educación para el desempeño profesional eficiente y responsable que acompaña al egresado durante el proceso de su desarrollo profesional en el ejercicio de la profesión. (González M, 2002).

Problema

Uno de los problemas detectados en la carrera de Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (ITST) es que durante la elaboración de las prácticas que el docente planea llevar a cabo en la materia que impartirá, éstas se diseñan con respecto a los contenidos temáticos del programa de estudios, sin considerar las competencias que el estudiante domina en relación al nivel de avance de la carrera cursada.

Justificación

Disponer de un banco de prácticas previamente diseñadas acordes al dominio de sus competencias al nivel de avance de la retícula, ayudaría significativamente a identificar y canalizar las potencialidades que los estudiantes podrían utilizar para la realización de proyectos integrales.

Objetivo General

Diseñar una propuesta para la realización de un banco de prácticas alineadas a la materia de programación con la habilidad del desarrollo de aplicaciones de software de los estudiantes de segundo semestre de la carrera de Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (ITST).

Objetivos Específicos

1. Analizar la retícula de sistemas computacionales.
2. Revisar planes de estudio.
3. Consensar opinión de docentes para la realización de prácticas sugeridas en los programas de estudios.
4. Diseñar grafos para identificar competencias específicas.
5. Identificar el alcance de las prácticas.

Preguntas de investigación

1. ¿Se podrán alinear las materias de segundo semestre de la carrera de sistemas computacionales a la materia de programación orientada a objetos?
2. ¿Estarán dispuestos los maestros que imparten materias en la carrera de sistemas computacionales a diseñar prácticas integradoras?
3. ¿Qué ha limitado a los maestros que imparten materias teórico-prácticas a diseñar prácticas integradoras?
4. ¿Se podrán realizar prácticas simples antes de elaborar una práctica integradora?
5. ¿Cómo efectuar el análisis entre materias para determinar que se puedan elaborar prácticas simples e integradoras?

Limitaciones

Una de las limitaciones que se podrían considerar para la realización de éste trabajo de investigación sería el no contar con la colaboración de un experto en programación, así como también el tiempo que demandaría el realizar una buena investigación.

METODOLOGIA

Hipótesis

Con la puesta en marcha de un plan que incluya el rediseño de prácticas de programación con otras materias por parte de los maestros que brindan sus servicios en la carrera de Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (ITST) se incidirá en el fortalecimiento del saber hacer de los estudiantes.

Variables

Independiente (causa): prácticas de programación con otras materias

Dependiente (efecto): saber hacer de los estudiantes.

Diseño utilizado

El diseño de investigación que se aplicará en el trabajo será No Experimental "Según la finalidad" fundamentado en la investigación descriptiva (Cazao, 2002); es decir primero se formulará la hipótesis, luego se hará la identificación de las constantes y variables en juego, posteriormente se realizará la categorización y operacionalización de las variables, se organizarán los datos en gráficos y por último se analizarán los mismos.

Sujetos, universo y muestra

El método de muestreo que se aplicará será el probabilístico, en virtud de que las muestras probabilísticas son esenciales en investigaciones de éste tipo, donde se pretende hacer estimaciones de variables en la población a través de instrumentos de medición y los datos obtenidos se analicen con pruebas estadísticas. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2007).

De acuerdo al estudio que se está efectuando para saber si los docentes que imparten asignaturas en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (ITST) están dispuestos a elaborar sus prácticas alineadas a la materia de programación y los que imparten programación alinearlas con otras materias; se investigó el número de maestros que atienden a la carrera. La Tabla 1 muestra el número de maestros que imparten materias en la carrera de Sistemas Computacionales y las Academias a las que pertenecen ellos, información proporcionada por la Sub-Dirección Académica del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (ITST), para de esta forma determinar el universo o población.

Tabla 1. Docentes que imparten asignaturas en la carrera de Sistemas Computacionales

Academias	No. De Docentes
Sistemas Computacionales	20
Informática	15
Ciencias Básicas	20
Total:	55

Una vez definida la población, se procedió a realizar la determinación de la muestra (Fischer de la Vega & Navarro Vega, 1996), con la Ecuación 1 como se ilustra a continuación:
Ecuación 1

$$n = \frac{(\sigma^2 N p q)}{e^2 (N - 1) + \sigma^2 p q}$$

Sustituyendo:

$$n = \frac{((1.96)^2 \times 55 \times 0.50 \times 0.50)}{(0.05)^2 (55 - 1) + (1.96)^2 \times 0.50 \times 0.50}$$

$$n = 48$$

Instrumento de medición aplicado

Se elaboró el instrumento de medición para el cual se consideraron 11 ítems compuestos en su mayoría por 2 y 3 categorías. La variable que se analizó en la investigación fue la de las prácticas; para esta variable se determinaron las dimensiones características de las prácticas actuales y las prácticas futuras. Para la primera dimensión se consideraron los indicadores de utilización de prácticas en la materia, realización de prácticas y amplitud; y para la segunda dimensión la apertura al cambio para el rediseño de prácticas, así como las ventajas y limitaciones.

De acuerdo a las características que se manejan en el instrumento, se puede atribuir las características de confiabilidad y validez, en virtud de que se puede confiar en los resultados, debido a que el instrumento arrojará la información que se pretende obtener de la variable analizada.

Procedimiento

Una vez que se elaboró y validó el instrumento de medición se aplicó a la muestra conformada por 48 maestros que imparten asignaturas en la carrera de Sistemas Computacionales, los cuales fueron abordados dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (ITST) para que nos brindaran unos minutos de su tiempo y respondieran las preguntas del cuestionario; cabe mencionar que para la interpretación de los datos, se aplicaron medidas estadísticas como la moda. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

El 100% de los encuestados contestó que en las materias que imparten realizan prácticas. En la Figura 1 se muestra que el 71% de los maestros encuestados respondió que utiliza las prácticas sugeridas del plan de estudios y el 29% diseña las prácticas de acuerdo a la temática que aborda.



Figura 1. Gráfico Opciones para la realización de prácticas actuales

En la Figura 2 se muestra que el 85% de los maestros encuestados considera la posibilidad de rediseñar sus prácticas alineadas a la materia de programación y sólo un 15% manifiesta lo contrario.

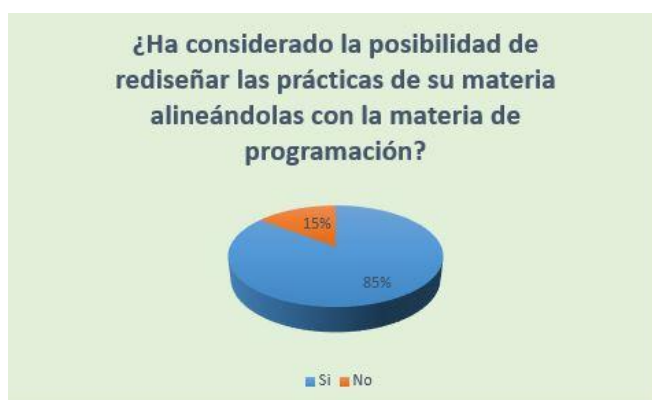


Figura 2. Gráfico Aceptación del rediseño de prácticas

Otro de los resultados importantes que arrojó el instrumento fue que el 75% no había considerado el rediseño de sus prácticas alineadas a la materia de programación porque actualmente no tienen tiempo y desconocen el dominio que tienen los estudiantes en temas de programación y el 25% restante comentó no tiene tiempo únicamente. En la Figura 3 se dan a conocer los resultados obtenidos de los docentes al preguntarles que cual es la aportación de la realización de prácticas en las diferentes asignaturas, el 55% respondió que es una forma de garantizar el aprendizaje de los estudiantes y el 45% restante contestó que fortalece al perfil del egresado.



Figura 3. Gráfico Aportación de la realización de prácticas

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el diseño de prácticas integradoras los docentes de las materias involucradas, deberán revisar minuciosamente los objetivos, competencias, prácticas sugeridas, así como, el perfil de egreso del estudiante. Como método de enseñanza (Gómez Fernández, Ramírez Robledo, Ulloa Herrero, & Crispin Bernardo, 2012) se seleccionó el estudio de casos, el cual estudia y analiza una situación problemática, preferentemente del campo profesional del estudiante con el fin de desarrollar su capacidad para resolver situaciones del mundo real, para promover competencias en el manejo de conocimientos profesionales e interdisciplinarios, gestión de la información, resolución de problemas, toma de decisiones, prevención de resultados y búsqueda de alternativas. Para la elaboración de prácticas que se proponen para el segundo semestre de la carrera en estudio, se sugiere que se tomen en cuenta 5 materias que son Cálculo integral, Álgebra Lineal, Probabilidad y Estadística, Contabilidad Financiera y Programación Orientada a Objetos como materia eje, debido a la importancia que tiene en la formación del perfil de egreso, haciendo la aclaración que la materia de Química no fue tomada en cuenta debido a que se posee un manual de prácticas ya establecidas para su ejecución.

Con respecto al número de asignaturas contempladas en las prácticas integradoras se propone fusionar dos o tres materias; debido a la complejidad que implica la alineación de objetivos generales y específicos de las materias involucradas; para ello se utilizó el método de conteo, (Rossen, 2004) resultando 4 prácticas con dos materias como se muestra en la Tabla 2, y 6 prácticas con tres materias como se muestra en la Tabla 3.

Utilizando estructuras de relaciones con los conjuntos representados por cada una de las prácticas tanto de 2 como de 3 materias, tenemos:

Tomando como conjuntos dos asignaturas: A=materia1 y B=materia2, y como elementos de dichos conjuntos los objetivos específicos de cada materia; y utilizando estructuras de relación, se obtuvo un conjunto producto con elementos formados por pares del tipo (a,b) para determinar la existencia de la relación (Rossen, 2004), de tal forma que:

$$R = \{aRb \text{ si y solo si, los pares } (a,b) \text{ tienen temas afines}\}$$

Tabla 2. Combinaciones con 2 materias para segundo semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales

Materia 1	Materia 2
Cálculo Integral	Programación orientada a objetos
Álgebra Lineal	Programación orientada a objetos
Probabilidad y Estadística	Programación orientada a objetos
Contabilidad Financiera	Programación orientada a objetos

Para 3 asignaturas: A=materia1, B=materia2 y C=materia3; al utilizar estructuras de relación, se obtuvo un conjunto producto con elementos formados por triadas del tipo (a,b,c) para determinar la existencia de la relación (Rossen, 2004) de tal forma que:

$$R = \{aRbRc \text{ si y solo si, las triadas } (a,b,c) \text{ tienen temas afines}\}$$

Tabla 3. Combinaciones con 3 materias para segundo semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales

Materia 1	Materia 2	Materia 3	Justificación relación
Cálculo Integral	Programación orientada a objetos	Contabilidad Financiera	No existe ningún tema relacionado entre las 3 materias
Álgebra Lineal	Programación orientada a objetos	Contabilidad Financiera	No existe ningún tema relacionado entre las 3 materias
Probabilidad y Estadística	Programación orientada a objetos	Contabilidad Financiera	No existe ningún tema relacionado entre las 3 materias
Álgebra Lineal	Programación orientada a objetos	Cálculo Integral	No existe ningún tema relacionado entre las 3 materias

Probabilidad Estadística	y	Programación orientada a objetos	Cálculo Integral	No existe ningún tema relacionado entre las 3 materias
Probabilidad Estadística	y	Programación orientada a objetos	Álgebra	No existe ningún tema relacionado entre las 3 materias

En la Figura 4, se muestra la relación entre la materia de programación con contabilidad financiera observando que a partir de la unidad 2 de contabilidad y unidad 3 de programación se pueden realizar prácticas simples y hasta la unidad 6 de programación se podrá terminar la práctica integradora.



Figura 4. Grafo de Programación con Contabilidad Financiera

En la Figura 5, se muestra la relación entre la materia de programación con álgebra lineal observando que se pueden realizar 4 practicas integradoras con la unidad 2, 3, 4 y 5 pero al terminar la unidad 6 de la materia de programación, antes sólo se podrían trabajar prácticas simples.

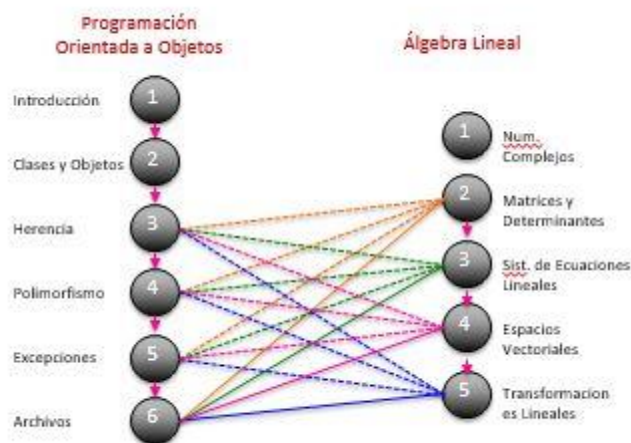


Figura 5. Grafo de Programación con Álgebra Lineal

En la Figura 6 se muestra la relación de la materia de programación y la materia de probabilidad y estadística obteniendo lo siguiente: se podrían trabajar prácticas simples en todas las unidades de probabilidad a partir de la unidad 3 de programación y partir de la unidad 5 de programación se puede generar prácticas integradoras completas.

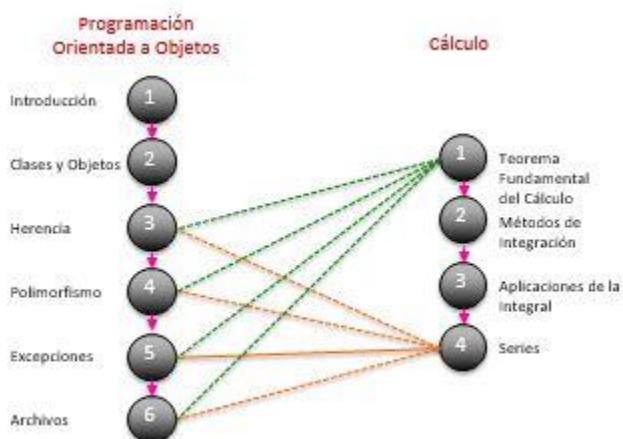


Figura 6. Grafo de Programación con Cálculo

En la Figura 7 se muestra la relación de la materia de programación y la materia de cálculo obteniendo como resultado que se trabajaría la unidad 1 y 4 de cálculo a partir de la unidad 3 de programación con prácticas simples y de la unidad 4 de cálculo con la unidad 5 de programación para la práctica integradora completa.

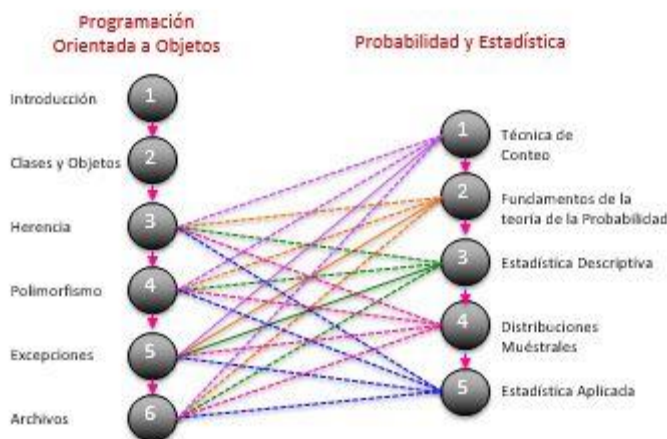


Figura 7. Grafo de Programación con Probabilidad y Estadística

Es importante que la formación de los docentes contemple conocimientos en TIC's, con un enfoque del área de sistemas, además de conocimientos en competencias docentes.

En relación a la parte técnica es indispensable contar con licencias de software para diseños UML, programación orientada a objetos y estructurada, entornos de programación y editores de texto para la captura de códigos. Además de las especificaciones de software anteriormente, se requiere de aulas de cómputo acondicionadas con computadoras, cañón y pantalla.

CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES

Como conclusión al trabajo de investigación se propone una guía de prácticas para los docentes que imparten asignaturas en segundo semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (ITST), en virtud de que esta guía marcará los tiempos para la realización de prácticas, es decir, señalará el momento en que podrán ejecutarse prácticas simples o integradoras de un par de materias. Cabe señalar que para el diseño de la guía de prácticas se realizó un análisis previo de los planes de estudio para verificar objetivos específicos de cada una de las unidades de las materias en estudio, las relaciones

de temas, avances de las unidades, competencias previas, así como alcances y limitaciones de los tópicos, basado en un análisis de relaciones a través de grafos.

Se recomienda en el mediano plazo dar continuidad a la propuesta de prácticas integradoras en todos los semestres con las materias, en el eje vertical como lo indica la retícula.

BIBLIOGRAFIA

- Bunk, G. (1994.). *La transmisión de competencias en la formación y perfeccionamiento profesionales de la RFA*,. Recuperado el 20 de 03 de 2015, de <http://dialnet.unirioja.es/revista/599/A/1994>
- Cazao, P. (Julio de 2002). *Introducción a la Investigación de las Ciencias Sociales* (2a. ed.). Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 15 de 03 de 2015
- Fischer de la Vega, L., & Navarro Vega, A. E. (1996). *Introducción a la Investigación de Mercados*. México: McGraw Hill. Recuperado el 15 de 03 de 2015
- Gómez Fernández, T., Ramírez Robledo, J. C., Ulloa Herrero, J. R., & Crispin Bernardo, M. L. (06 de 2012). *La guía del docente para el desarrollo de competencias*. Recuperado el 20 de 03 de 2015, de http://www.iberomx/formaciondeprofesores/Apoyos%20generales/Guia_docente_desarrollo_competencias.pdf
- González M, V. (2002). La orientación profesional en la educación superior. *Una alternativa teórico-metodológica para la formación de profesionales competentes*. La Habana, Cuba.
- Hernández Sampieri , R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2007). *Fundamentos de metodología de la investigación*. (J. M. Cejudo, Ed.) México: McGraw Hill. Recuperado el 19 de 04 de 2015
- Posada Álvarez, R. (25 de 04 de 2004). *Formación superior basada en competencias, interdisciplinariedad y trabajo autónomo del estudiante*. Recuperado el 10 de 03 de 2015, de http://www.rieoei.org/edu_sup22.htm
- Rossen, K. H. (2004). *Matemática discreta y sus aplicaciones* (5a. ed.). Madrid, España: Mc Graw Hill. Recuperado el 25 de 03 de 2015
- Ruiz Lugo, L. (2007). *Formación integral: desarrollo intelectual, emocional, social y ético de los estudiantes*. Recuperado el 10 de 03 de 2015, de <http://www.revistauniversidad.uson.mx/revistas/19-19articulo%204.pdf>

Programa Educativo para la Prevención, Atención y Detección de la Violencia contra las Mujeres – ITQuerétaro.

M.G. Infante Robles¹, M.E. Montes Almanza², M.L. Montes Almanza, C. Perusquía Ortiz³, M.C. Ruiz Porras^{1*}

¹Departamento de Ciencias Económico Administrativas, Instituto Tecnológico de Querétaro, Av. Tecnológico s/n, Centro, C.P.76000 Querétaro, México.

²Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Querétaro .76000 Querétaro, México

³Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Querétaro, 76000 Querétaro, México

[*gynfante@mail.itq.edu.mx](mailto:gynfante@mail.itq.edu.mx), cruiz@mail.itq.edu.mx

Área de participación: Estudios de Género

Resumen

El problema de violencia hacia la mujer existe realmente en todos los niveles de la sociedad, motivo por el cual se plantea la necesidad de conocer más sobre el tema y crear propuestas para crear una consciencia de equidad y cambio de actitudes de vida para mejorar la relación no violenta contra ellas. En el año 2008, se establece la creación de un programa dedicado a generar investigación para conocer la magnitud del este problema en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos. Es así como surge así el Proyecto Educativo para la Detección, Prevención y Atención de la Violencia contra las Mujeres (PEDPAVIM) cuyos resultados globales obtenidos en el Instituto Tecnológico de Querétaro (ITQ) 2008-2012 se presentan en este trabajo, con relación a las variables tipos de violencia y autoestima, estrategias en pro de la paz así como control del enojo.

Palabras clave: Violencia, autoestima, género, equidad

Abstract

The problem of violence to women actually exists at all levels of society. Due to this fact, we need to know more about this topic to create proposals to increase awareness about equality and changing attitudes of life to improve the non-violent against them. In México, in the year 2008, an educative program was created by the National Technological Institute System to generate research to know the magnitude of this problem. The result was the Educational Project for the Detection, Prevention and Care of Violence against Women (PEDPAVIM, in Spanish), whose global results obtained at the Instituto Tecnológico de Querétaro (ITQ) 2008-2012 are presented in this work, related to types of violence and self-esteem, peace strategies and anger control.

Introducción

La eliminación de la violencia contra la mujer es uno de los desafíos más importantes en el mundo actual, ya que es una violación de los derechos humanos y es el obstáculo principal para lograr la igualdad de género.

La violencia a la mujer, ya sea cometida por parientes o por extraños cualquier es inaceptable en cualquier ámbito, ya que es inaudito el vivir en tales circunstancias que denigran al ser humano.

En México, la violencia contra la mujer está ligada a factores culturales, concatenada con el machismo, que se manifiesta en imponer su punto de vista, y someter a las mujeres a cualquier costo ya sea por medio la fuerza física o de la coerción psicológica, lo cual se evidencia en una marcada desigualdad de género.

En este entorno la presente investigación se origina con la finalidad de apoyar el Proyecto Educativo para la Detección Prevención y Atención de la Violencia contra las Mujeres (PEDPAVIM) en el Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica (SNEST) propuesto por la coordinación sectorial académica de la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST), hoy Tecnológico Nacional de México, durante el periodo 2008-2012 presentándose los resultados finales en el año 2013. La violencia contra la mujer constituye un grave problema social, que repercute de manera importante en la salud y bienestar de las mujeres sometidas a ella.

Metodología

El Proyecto PEDPAVIM – SNEST se llevó a cabo en 33 Institutos Tecnológicos del sistema durante el periodo 2008-2012.

En el caso particular del Instituto Tecnológico de Querétaro (ITQ), el tipo de estudio fue cuantitativo y se desarrolló en cuatros etapas:

Primera etapa: Elaboración del protocolo, de la metodología y del cuestionario a nivel nacional, así como también se probó el cuestionario a nivel local, se hicieron mejoras para su aplicación en todos los tecnológicos elegidos, con toda la recapitulación de los tecnológicos. Prueba piloto a 30 alumnas del ITQ.

Segunda etapa: Diagnóstico de la violencia existente, que permitió generar acciones contra la violencia hacia las mujeres del ITQ. (Se trabajó con un 95% de intervalo de confianza y un error del 2.6%). Se consideró la población de estudio a todas las alumnas inscritas en el ITQ en el periodo 2009 con edades entre 28 y 25 años, participando en la muestra 708 alumnas equivalentes al 59%, a quienes se les aplico una encuesta vía electrónica, a través del portal institucional.

Tercera etapa: De acuerdo a resultados, se realizó un estudio correlacional entre *los tipos violencia y autoestima*, así como también se midió nuevamente el nivel de violencia en la muestra analizada.

Cuarta etapa: Dada que la cantidad de alumnos hombres en el ITQ es mayor que la cantidad de mujeres, el interés de ellos y la dirección que el estudio tomaba, se decidió incluirlos en esta etapa del estudio. Se aplico un nuevo instrumento donde participaron 1021 hombres y 722 mujeres estudiantes del ITQ, con un enfoque principal con relación al manejo del enojo y su impacto en las relaciones de género entre los estudiantes. (Se trabajó con un 95% intervalo de confianza y un error del 4%). Los resultados de este estudio se generaron en el año 2013.

Estrategias desarrolladas

Después de la aplicación de la prueba piloto y a lo largo de las 3 etapas restantes, se implementaron acciones de sensibilización sobre la violencia de género, tipos de discriminación, género y salud sexual, tales como conferencias, talleres, carteles informativos, trípticos, colocación de stands institucionales, entre otros, como estrategias para generar conciencia entre el estudiantado con relación a esta problemática.

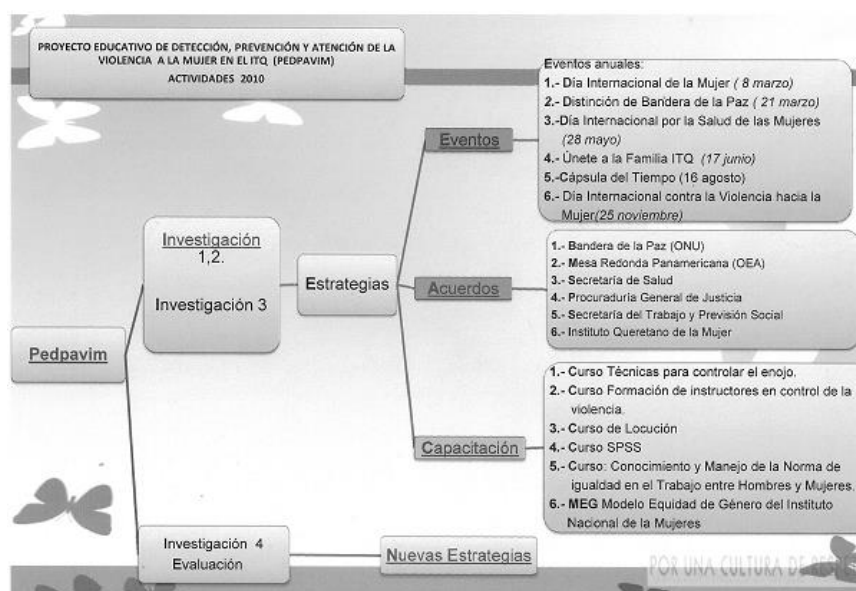


Figura 1. Estrategias de sensibilización hacia la equidad y fomento de la paz, realizadas en el Instituto Tecnológico de Querétaro por el proyecto PEDPAVIM.

Resultados

En este trabajo, se presentan los principales resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto PEDPAVIM, con relación a tipos de violencia y autoestima, así como control del enojo.

Tipos de violencia y autoestima:

Conductas de Violencia en Núcleos Sociales: Son los hombres quien genera la violencia en un 3.7%.

Antecedentes de Violencia en núcleos sociales **4.8%**

En la comunidad 7%

Violencia Emocional 13%, Violencia física 9.0%, Violencia Económica 0.9%, Violencia Sexual 4.9%

En la familia 7.3%

Violencia Emocional 15.7% Violencia física 9.9% Violencia Económica .5% Violencia Sexual 2.9%

En la escuela 3,7%

Violencia Emocional 6.9% Violencia física 5.9% Violencia Económica 0% Violencia Sexual 2. %

En un 60.2% se encuentran trabajando, 39.4% no trabajan actualmente.

Trabajo 1.3%

Violencia Emocional 1.3% Violencia física 0.7% Violencia Económica 2.5% Violencia Sexual .5%

Promedio de **frecuencia de violencia: 54.9%** siempre 8.9% algunas veces.

Relaciones de Noviazgo o Pareja y Tipos de Violencia: El 88.3% declara que ha tenido novio o pareja

Se detecta que la relación con su novio o pareja actual y en caso de no tenerla por el momento, en su relación anterior, se ha manifestado un 21.7% en los diferentes tipos de violencia.

Violencia Emocional 25.5%, Violencia Física: 21%, Violencia Económica: 18.3%

Consecuencias de las agresiones sufridas:

El 61.2% presentan dolores en el cuerpo por algunos días.

El 15.8% tristeza.

El 3.9% depresión.

El 3.5% baja auto estima.

El 0.56% moretones.

El 0.28% fracturas, abortos o sangrado vaginal o anal a causa de maltrato.

El 0.14% desmayo, operaciones, quemaduras, daño en el momento de tener relaciones sexuales.

Se determinó que solo el **21.7%** de las alumnas manifiestan haber vivido algún tipo de violencia, pero que un **61.2** la han experimentado o vivido sin haberse dado cuenta.

Análisis Correlacional

Después de realizar el análisis correlacional bivariado utilizando el coeficiente de Pearson, entre la autoestima con los tipos de violencia en las relaciones de pareja de los estudiantes, se observó que el nivel de significancia $p = 0.015$ en la variable de violencia física es mayor que $\alpha = 0.01$, por lo que se aceptó la hipótesis nula H_0 con un nivel de significancia del 99%, y se concluye que el nivel de autoestima que tiene la estudiante si influye significativamente en el grado de violencia física que recibe en el noviazgo.

En lo que respecta a la variable de la violencia económica dado que se observó que $p = 0.011 > \alpha = 0.01$, no se obtuvieron pruebas suficientes para rechazar la hipótesis nula H_0 que implica que no hay los suficientes argumentos que relacionaran la violencia económica con los tres niveles de autoestima.

De igual manera, al analizar la variable de violencia psicológica, y dado que $p = 0.037 < \alpha = 0.05$, se rechazó la hipótesis nula H_0 con un nivel de significancia de 95%, por lo que se concluyó que el nivel de autoestima que tiene la estudiante si influye significativamente en el grado de violencia psicológica que recibe en el noviazgo.

Con los resultados obtenidos se deduce que entre más bajo es el nivel de autoestima aumenta significativamente el nivel de violencia tanto física como psicológica, lo cual se debe a que por cuestiones culturales las mujeres son más abnegadas, obedientes y menos asertivas que los hombres, los cuales manifiestan su poder con acciones violentas, sin embargo no se encontraron argumentos que relacionen la violencia económica con los

tres niveles de autoestima que se trabajaron , lo cual es natural dado el nivel de compromiso no formal de la relación de la pareja, dado que no se tienen que satisfacer necesidades de índole económico como social

Enojo

Con relación al enojo, los estudiantes encuestados consideran que si tienen un adecuado control del enojo lo cual les permite evitar los conflictos, en las siguientes circunstancias:

- I. 94.2% cuando pasan situaciones estresantes en la escuela o en el trabajo, no suelen trasladar su enojo a su familia, novia(o) y amigas(os).
- II. 93.7% con frecuencia reflexionan acerca de lo que podrían haber dicho o hecho después de finalizar una discusión
- III. 83%, manifiestan que se dan cuenta cuando no están de acuerdo con los demás.
- IV. 99.3% evitan comportarse agresivamente (no golpean, empujan, tiran cosas o personas).
- V. 71.5% manifiestan que cuando se disgustan o se enojan, intentan evitar a los demás.
- VI. 52.9% generalmente intentan evitar cualquier conflicto.
- VII. Solamente el 33.3%, al momento de mostrarse pacientes con las demás personas.
- VIII. 12.65% no tiene un adecuado manejo del enojo dado que manifestaron que siempre y casi siempre que se enojan estallan muy rápidamente.
- IX. 42.4% cuando se enojan con alguien le aplican la ley del silencio (ley del hielo)
- X. 65.5% manifiestan que intentan entender el punto de vista cuando alguien los (las) critica por algo que han hecho.
- XI. 52.9% generalmente intentan evitar cualquier conflicto..
- XII. 43.1% cuando se enojan hablan con alguien de confianza,
- XIII. 60.2% manifiesta que hacen lo mejor con lo que hay en proyectos donde tienen que trabajar en grupo con gente incompetente,.
- XIV. 47.25% tienen mejor control del enojo con personas diferente sexo al de ellos(as)
- XV. 65.2% manifestaron que las personas nunca les han dicho que son agresivos
- XVI. 52.6% manifiestan que algunas veces se enojan más con personas del mismo al de ellos(as)
- XVII. 64.9% declararon que algunas veces las personas han observado en ellos una reacción de enojo

Por otro lado, los estudiantes encuestados manifestaron que no tienen un adecuado control de enojo, lo que pudiera desencadenar un conflicto mayor, en los siguientes aspectos:

- I. Solamente el 33.3% se muestran pacientes con las demás personas al momento de enojarse.
- II. 39.6% manifiestan que les molesta cuando otros no aprueban sus acciones.
- III. 21.9% indican que les molesta cuando alguien los sermonea, pero no lo olvidan, el 20.5% indican que ignoran a la persona mientras que el 13.2% hacen mención que se aguantan pero conservan su resentimiento.
- IV. 60.4% no identifican un lugar en especial donde se enojan más fácilmente y tampoco con alguna persona en especial con la que más se enojen.
- V. 29.4 % de los casos encuestados declararon que algunas veces las personas les dicen que son agresivos(as).

Sensibilización

Con relación a la sensibilización y capacitación sobre equidad de género, el impacto percibido por los jóvenes fue el siguiente:

El **80%** de los estudiantes encuestados tuvieron acceso a información relativa a equidad de género, discriminación, violencia y salud sexual.

El **67.6%** considero que esta información le ha sido útil en su vida personal.

Las estrategias de sensibilización más aceptadas por los alumnos fueron: Carteles y mantas (9.2%),

Promocionales (Reglas, plumas, camisetas, bolsas, pulseras, separadores para libros) (6.8%), conferencias (6.7%), Acrílicos informativos respecto a violencia, equidad de género, discriminación, entre otros (4.3%), Celebración del Día Internacional de la mujer y otros eventos (3.7%).

Reconocimientos obtenidos

El Instituto Tecnológico de Querétaro, a través de la Mesa Redonda Panamericana (Organismo descentralizado de la UNESCO) recibió la “Distinción Bandera de la Paz” el 21 de marzo 2010, en la Conmemoración del Equinoccio de Primavera, en Bernal, Querétaro por los trabajos realizados en pro de la PAZ entre el estudiantado universitario, siendo la primera Institución de Educación Superior que recibe esta distinción.



Figura 2. Ceremonia de entrega de la “Distinción Bandera de la Paz” al Instituto Tecnológico de Querétaro por los esfuerzos realizados en pro de la equidad y fomento de la paz a través del proyecto PEDPAVIM.

Conclusiones

Con la información obtenida a lo largo del desarrollo del proyecto, se pudo comprobar que los estudiantes del ITQ han vivido diferentes tipos de violencia, la cual ha podido ser detectada y atendida en muchos casos, como resultado de la capacitación y eventos de sensibilización llevados a cabo durante ese periodo.

Muchas y muchos estudiantes no se daban cuenta de que habían vivido circunstancias de violencia familiar, en sus relaciones de noviazgo, en la escuela o en el trabajo debido a la “normalización” y aceptación de dichas prácticas. Ahora, al reconocerlo, tienen mayores elementos para minimizarlo e incluso, erradicarlo.

Las estrategias de sensibilización más aceptadas por los mismos alumnos fueron la elaboración de carteles y mantas, el uso de promocionales impresos y participación en conferencias.

Una vez que los estudiantes recibieron información de prevención de la violencia, se observó en la etapa 4, que el 90% de los estudiantes tienen un control adecuado del enojo, lo cual repercute en sus relaciones de género, actuales y futuras.

Los estudiantes consideran útil tener información relativa a los tipos de violencia y equidad de género.

Comparativamente, el porcentaje de estudiantes que han vivido violencia en el noviazgo disminuyó de 22% (2009) al 5.8% (2012)

El ITQ recibió la “Distinción Bandera de la Paz” por los esfuerzos realizados por el programa PEDPAVIM en pro de la PAZ entre el estudiantado y personal universitario.

Los trabajos del PEDPAVIM-ITQ iniciaron la sensibilización entre alumnos, administrativos y profesores, siendo el cimiento para el actual programa del Modelo de Equidad de Género (MEG), cuya certificación fue otorgada a nuestro Instituto por parte del Instituto Nacional de las Mujeres en el año 2012.

Con la intención de seguir contribuyendo a la eliminación de la violencia a través de los estudiantes de educación superior, se sugiere continuar con este trabajo de sensibilización concientización e investigación de manera permanente.

Agradecimientos

Se agradece profundamente a la comunidad estudiantil del ITQ cuya colaboración hizo posible la realización de esta investigación, a la Dirección por las facilidades otorgadas, así como a las profesoras Gretchen Regina Heressman Alday y Araceli López Maqueda por su valioso apoyo durante su intervención en este proyecto y a todas las personas e instituciones que trabajan en pro de la paz.

Referencias

1. American Psychological Society, concepto de enojo, <http://www.apa.org/centrodeapoyo/enojo.aspx>, consultado el 30 de octubre del 2013.
2. Annan, K. (2000). Igualdad entre los géneros, desarrollo y paz para el siglo XXI. *Mujer 2000*. Nota informativa 4. Disponible en : <http://www.un.org/spanish/conferences/Beijing/fs4.htm>.
3. Araya, U.S. La equidad de género en la educación. 2001. revista La ventana. No. 13.
4. Branden, N. (2009).Cómo mejorar su autoestima .Barcelona, España. Editorial Planeta.
5. Brito, L. (2011, 8 de Marzo). Las mujeres sufren altos niveles de violencia en siete estados del país. *CNN en Español*. Disponible en: <http://mexico.cnn.com/nacional/2011/03/08/las-mujeres-sufren-altos-niveles-de-violencia-en-siete-estados-del-pais>.
6. Convención Interamericana para Prevenir, Sancionar y Erradicar la Violencia contra la Mujer “Convención de Belém Do Pará”. Capítulo 1, Artículo 1. Junio 1994.
7. Convención Interamericana para Prevenir, Sancionar y Erradicar la Violencia contra la mujer., Salinas Beristáin et al. CIM. Inmujeres. UAM- Xochimilco, UNICEF. S/F.
8. Departamento De Salud Y Servicios Humanos De Los Estados Unidos. Reilly PM y Shopshire MS. Programa para el manejo del enojo en clientes con problemas de abuso de sustancias y trastornos de salud mental: Un manual de psicoterapia cognitiva-conductual. DHHS Publicación No. (SMA) 06-4188. Rockville, MD. Centro para el Tratamiento del Abuso de Sustancias, Administración de Servicios para el Abuso de Sustancias y la Salud Mental, 2006.
9. González, H. y Echeburúa, E. (2008). Variables significativas en las relaciones violentas en parejas jóvenes: Una Revisión Behavioral Psychology / Psicología Conductual, Vol. 16, N° 2, 2008, pp. 207-225.España.
10. Instituto Nacional de las Mujeres. Programa Nacional para la Igualdad entre Mujeres y Hombres (Proigualdad 2008-2012). Firmado por el presidente de la República Felipe Calderón Hinojosa el 10 de marzo de2008. México D.F.
11. Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia.Título I artículo 6 párrafo reformado DOF 20 de enero 2009.
12. Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia. Título II Capítulo I artículos 7, 10,16, 18 y 21, párrafo reformado DOF 20 de enero 2009.
13. INEGI Encuesta Nacional Sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares, 2006.
14. INEGI Estadísticas de Mortalidad, 2006 Consulta Interactiva de Datos.

15. Infante, Montes, Montes, Ruíz, Perusquia, Heresmann 2012. Proyecto Educativo para la Detección, Prevención y Atención de la Violencia a la Mujer en el ITQ 2008-2012.
16. Howard, D.E. y Wang, M.Q. (2003). Risk profiles of adolescent girls who were victims of dating violence. *Adolescence*, 38, 1-14.
17. Izunza, A. (2012, 25 de Noviembre). Violencia contra las mujeres, tema pendiente en México. *Noticieros Televisa*. Disponible en: <http://noticierostelevisa.esmas.com/nacional/529564/violencia-contra-mujeres-tema-pendiente-mexico/>.
18. Ki-moon, B (2007, 7 de Marzo). Mensaje del Día Internacional de la Mujer. Boletín de la ONU. No.7/24. Disponible en. <http://www.nacionesunidas.org.mx/>
19. Solera, C. (2011, 2 de enero). En México, mil mujeres al día son víctimas de la violencia. *Excélsior*. Disponible en: http://www.excelsior.com.mx/index.php?m=nota&id_notas=700449
20. Ribeiro, L. (1997). "Aumente su autoestima". Barcelona, España. Editorial URANO.

Competencias profesionales en la estadía profesional del Técnico Superior Universitario

D. M. Mendoza Muciño¹, S. Rivera Martínez²

¹ A6 Económico Administrativa, área Recursos Humanos, Universidad Tecnológica de Tecámac, Km 37.5 carretera federal México-Pachuca s/n col. Sierra Hermosa, C.P. 55740, Tecámac, estado de México

² A2 Procesos Industriales, área Administración y Evaluación de Proyectos, Universidad Tecnológica de Tecámac, Km 37.5 carretera federal México-Pachuca s/n col. Sierra Hermosa, C.P. 55740, Tecámac, estado de México

*dalilam4@gmail.mx

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

En este trabajo se pretende describir las principales competencias que demanda el mercado laboral para el Técnico Superior Universitario en Administración área Recursos Humanos y área Administración y Evaluación de Proyectos de la Universidad Tecnológica de Tecámac, ubicada en el municipio de Tecámac, estado de México, a través de la Estadía Profesional que se cursa en el 6° cuatrimestre, periodo durante el cual el alumno desarrolla una programa de actividades encaminadas a la ayuda o solución de alguna problemática del sector (privado o público).

Bajo este panorama el tipo de estudio a realizar será descriptivo en el que a través de una investigación de encuesta aplicada a las empresas donde los alumnos realizaron su Estadía Profesional en el cuatrimestre Enero – Abril 2015, se identificará los pros y contras del modelo educativo basado en competencias profesionales, así como conocer las competencias que las empresas necesitan para incorporarlos al mercado laboral.

Palabras clave: Estadía Profesional, Competencia Profesional, Técnico Superior Universitario..

Abstract (150 words at most)

This paper aims to describe the main competences required by the labor market for Technical Colleges Administration Human Resources and Administration and Evaluation of the Technological University of Tecámac area, located in the municipality of Tecámac, state of Mexico, to area Stay through the Professional which is offered during the 6th semester, during which the student develops a program of activities to help or solution of any problem (private or public) sector.

Under this scenario the type of study to be performed will be descriptive in which through a research survey of companies where students performed their professional stay in the quarter January-April 2015, the pros and cons of the educational model is identified based professional skills and learn the skills that companies need to incorporate them into the labor market.

Introducción

Las Universidades Tecnológicas surgieron en México en 1991 como organismos públicos descentralizados de los gobiernos estatales. El modelo educativo se sustenta tanto en seis atributos, que enmarcan y orientan el desarrollo curricular y su aplicación; como en la función de vinculación.

Entre sus atributos: se encuentra: la calidad, la pertinencia, la intensidad, la continuidad, la polivalencia y la flexibilidad. En lo que corresponde al modelo curricular concretiza y engloba las políticas y lineamientos a que está sujeta la consolidación de las Universidades Tecnológicas, con objeto de dar respuesta a los nuevos retos de la política nacional y a los objetivos y metas plasmados en el Programa Sectorial. Este modelo mantiene las características intrínsecas del Técnico Superior Universitario y flexibiliza su estructura curricular para poder ofertar a los educandos salidas laterales que les faciliten su tránsito hacia el nivel de Licenciatura con

programas educativos pertinentes y altamente profesionales. Como se puede apreciar en la figura 1. Estructura curricular.

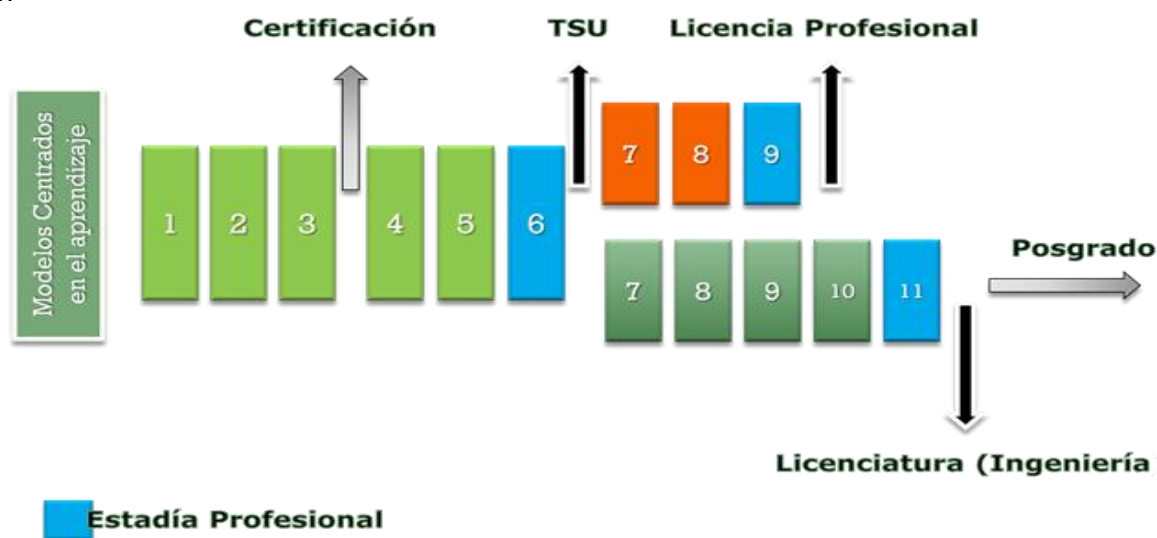


FIGURA 1. Estructura curricular, tomada de la Coordinación General de Universidades Tecnológicas

La estructura curricular se sustenta en programas diseñados con base en competencias profesionales y está definida por tres niveles educativos:

El primero corresponde al nivel de Técnico Superior Universitario, que se cursa en seis cuatrimestres de tiempo completo que son estudios intensivos y una estadía profesional, sus contenidos curriculares son 70% prácticos y 30% teóricos, forma profesionistas que se desempeñan en niveles de mando medio y responden a las demandas actuales del sector productivo.

El segundo corresponde al nivel Licenciatura o Ingeniería, que se cursa en cinco cuatrimestres adicionales, con una estadía profesional, sus contenidos curriculares son 60% Prácticos y 40% teóricos, son de carácter profesional, forma mandos superiores y además proporcionan competencias relacionadas con la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico.

La tercera opción del modelo curricular permite que después de obtener el título de Técnico Superior Universitario, los estudiantes puedan optar por estudiar una Ingeniería Técnica, la cual se cursa en tres cuatrimestres más una estadía, es de carácter altamente profesional al preparar a los egresados en áreas específicas del ejercicio profesional para su inserción directa en el mercado laboral.

Siendo la estadía profesional el punto central del estudio, en los 3 niveles educativos es un complemento a su formación, y permite al estudiante poner en práctica las competencias relacionadas con la metodología de trabajo, intelectual y práctico, para resolver situaciones problemáticas en condiciones reales, la cual debe ser aprobada por asesores empresariales y académicos. Lo que le permitirá al alumno obtener su título correspondiente.

Metodología

El tipo de estudio a realizar será descriptivo, a través de una investigación de encuesta aplicada proporcionada por el Departamento de Prácticas y Estadías de la Uttec, éstas encuestas la aplican los asesores académicos a las empresas y las concentra el Departamento para indicadores de titulación. Siendo el tiempo de estudio el cuatrimestre enero–abril de 2015, de las áreas Recursos Humanos y Administración y Evaluación de Proyectos, en donde el resultado físico es el reporte técnico. Se identificará los pros y contras del modelo educativo basado en competencias profesionales, a través de un cuadro comparativo del perfil profesional de las 2 áreas de estudio; así como conocer las competencias que las empresas necesitan para incorporarlos al mercado laboral.

Resultados y discusión

Los presentaremos en 3 apartados.

a) Encuesta

Iniciaremos con el cuestionario aplicado a las empresas donde los alumnos realizaron la Estadía Profesional del cuatrimestre enero – abril 2015.

En el **área Recursos Humanos (ARH)** se registró una matrícula para cursar el sexto cuatrimestre de 42 alumnos, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 1. Concentrado de los datos de las encuestas aplicadas ARH

NO.	DESCRIPCIÓN	OPCIONES				TOTAL
		Excelente	Bueno	Regular	Malo	
1	¿Cómo calificaría el trabajo desempeñado por el alumno durante su estadía?	29	12	1	0	42
2	¿Cómo fue la respuesta a la asignación de actividades encomendadas?	27	15	0	0	42
3	¿Cómo considera el comportamiento del alumno en la empresa?	31	10	1	0	42
4	¿Cómo calificaría la habilidad del alumno para comunicarse con los demás?	25	16	1	0	42
5	¿Las habilidades del alumno las considera?	28	14	0	0	42
6	¿Las aportaciones e ideas del alumno al equipo de trabajo las considera?	27	15	0	0	42
7	¿Qué calificación otorgaría a la asistencia y puntualidad del alumno?	30	10	2	0	42
8	¿Cómo evaluaría los conocimientos técnicos del alumno?	25	17	0	0	42
9	¿La expresión oral y escrita del alumno la considera?	21	20	1	0	42
TOTAL DE RESPUESTAS		243	129	6	0	378

Fuente: Elaboración del Departamento de Prácticas y Estadías

A partir de las preguntas descritas en la tabla 1, evalúan las competencias profesionales a las que tiene que llegar el Técnico Superior Universitario en Administración área Recursos Humanos.

Siendo que las empresas facilitadoras para realizar la Estadía Profesional, consideran que el 69.05% del trabajo desempeñado por el alumno es excelente, por lo que el 64.29% las actividades asignadas son resueltas como de manera eficiente, sus habilidades son consideradas en un 66.67% como excelentes, sus ideas y aportaciones al equipo de trabajo están en un 64.29%, los conocimientos técnicos representan un 59.52% como excelentes y 40.48% como buenos. Como se aprecia en la tabla 2.

Tabla 2. Concentrado en porcentajes de las encuestas aplicadas ARH

NO.	DESCRIPCIÓN	OPCIONES EN PORCENTAJES				PORCENTAJE
		Excelente	Bueno	Regular	Malo	
1	¿Cómo calificaría el trabajo desempeñado por el alumno durante su estadía?	69.05	28.57	2.38	0	100.00
2	¿Cómo fue la respuesta a la asignación de actividades encomendadas?	64.29	35.71	0.00	0	100.00
3	¿Cómo considera el comportamiento del alumno en la empresa?	73.81	23.81	2.38	0	100.00
4	¿Cómo calificaría la habilidad del alumno para comunicarse con los demás?	59.52	38.10	2.38	0	100.00
5	¿Las habilidades del alumno las considera?	66.67	33.33	0.00	0	100.00
6	¿Las aportaciones e ideas del alumno al equipo de trabajo las considera?	64.29	35.71	0.00	0	100.00
7	¿Qué calificación otorgaría a la asistencia y puntualidad del alumno?	71.43	23.81	4.76	0	100.00
8	¿Cómo evaluaría los conocimientos técnicos del alumno?	59.52	40.48	0.00	0	100.00
9	¿La expresión oral y escrita del alumno la considera?	50.00	47.62	2.38	0	100.00

Fuente: Elaboración del Departamento de Prácticas y Estadías

Tabla 3. Resumen de las opciones de respuesta en porcentajes

OPCIONES EN PORCENTAJES				TOTAL
Excelente	Bueno	Regular	Malo	
64.29	34.13	1.59	0.00	100.00

En resumen, las empresas consideran que las competencias realizadas por los alumnos son del 64.29% como excelente, el 34.13% como bueno y el 1.59% como regular. Ver tabla 3. Lo que indica que el grado de satisfacción del empresario es del 98.41%

Fuente: Elaboración propia en base a información proporcionada por el Departamento de Prácticas y Estadías

En el **área Administración y Evaluación de Proyectos (AEP)** se registró una matrícula para cursar el sexto cuatrimestre de 20 alumnos, obteniendo los siguientes resultados:

A partir de las preguntas descritas en la tabla 4, evalúan las competencias profesionales a las que tiene que llegar el Técnico Superior Universitario en Administración área Administración y Evaluación de Proyectos.

Tabla 4. Concentrado de los datos de las encuestas aplicadas AEP

NO.	DESCRIPCIÓN	OPCIONES				TOTAL
		Excelente	Bueno	Regular	Malo	
1	¿Cómo calificaría el trabajo desempeñado por el alumno durante su estadía?	13	7	0	0	20
2	¿Cómo fue la respuesta a la asignación de actividades encomendadas?	17	3	0	0	20
3	¿Cómo considera el comportamiento del alumno en la empresa?	15	4	1	0	20
4	¿Cómo calificaría la habilidad del alumno para comunicarse con los demás?	13	7	0	0	20
5	¿Las habilidades del alumno las considera?	12	8	0	0	20
6	¿Las aportaciones e ideas del alumno al equipo de trabajo las considera?	11	9	0	0	20
7	¿Qué calificación otorgaría a la asistencia y puntualidad del alumno?	14	6	0	0	20
8	¿Cómo evaluaría los conocimientos técnicos del alumno?	10	10	0	0	20
9	¿La expresión oral y escrita del alumno la considera?	11	9	0	0	20
TOTAL DE RESPUESTAS		116	63	1	0	180

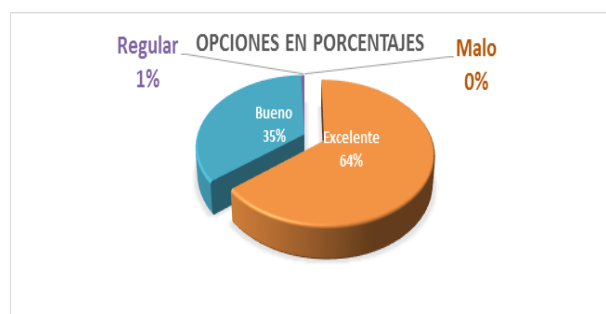
Fuente: Elaboración del Departamento de Prácticas y Estadías

Siendo que las empresas facilitadoras para realizar la Estadía Profesional, consideran que el 65% del trabajo desempeñado por el alumno es excelente, por lo que el 85% las actividades asignadas son resueltas como de manera eficiente, sus habilidades son consideradas en un 60% como excelentes, sus ideas y aportaciones al equipo de trabajo están en un 55%, los conocimientos técnicos representan un 50% como excelentes y 50% como buenos. Como se puede ver en la tabla 5.

Tabla 5. Concentrado en porcentajes de las encuestas aplicadas AEP

NO.	DESCRIPCIÓN	OPCIONES EN PORCENTAJES				PORCENTAJE
		Excelente	Bueno	Regular	Malo	
1	¿Cómo calificaría el trabajo desempeñado por el alumno durante su estadía?	65.00	35.00	0	0	100.00
2	¿Cómo fue la respuesta a la asignación de actividades encomendadas?	85.00	15.00	0	0	100.00
3	¿Cómo considera el comportamiento del alumno en la empresa?	75.00	20.00	5.00	0	100.00
4	¿Cómo calificaría la habilidad del alumno para comunicarse con los demás?	65.00	35.00	0	0	100.00
5	¿Las habilidades del alumno las considera?	60.00	40.00	0	0	100.00
6	¿Las aportaciones e ideas del alumno al equipo de trabajo las considera?	55.00	45.00	0	0	100.00
7	¿Qué calificación otorgaría a la asistencia y puntualidad del alumno?	70.00	30.00	0	0	100.00
8	¿Cómo evaluaría los conocimientos técnicos del alumno?	50.00	50.00	0	0	100.00
9	¿La expresión oral y escrita del alumno la considera?	55.00	45.00	0	0	100.00

Fuente: Elaboración del Departamento de Prácticas y Estadías.



Gráfica 1. Resumen de las opciones de respuesta en porcentajes. Elaboración propia en base a información del Departamento de Prácticas y Estadías.

En resumen, las empresas consideran que las competencias realizadas por los alumnos son del 64.44% como excelente y el 35% como bueno y 0.56% como regular. Como se aprecia en la gráfica 1. Lo que indica que el grado de satisfacción del empresario es del 99.44%

b) Pros y contras del modelo educativo

Como se comentó en la introducción, el modelo educativo de las Universidades Tecnológicas, cuenta con 6 atributos y las competencias profesionales en cada uno de los programas educativos, generando una flexibilidad ante las necesidades del sector productivo.

Área Recursos Humanos

Perfil profesional	Pros	Contras
Competencias genéricas		
<ul style="list-style-type: none"> • Expresar ideas, necesidades y sentimientos de forma verbal, no verbal y escrita para comunicarse de forma efectiva durante su desempeño profesional. • Actuar con valores y actitudes proactivas, creativas y emprendedoras en su desarrollo personal, social y organizacional en armonía con su medio ambiente. • Comunicar sentimientos, pensamientos, argumentos, conocimientos, experiencias, ideas, reflexiones, opiniones, en los ámbitos públicos, personal, educacional y ocupacional, productiva y receptivamente en el idioma inglés de acuerdo al nivel b1, usuario independiente, del marco de referencia europeo. 	<ul style="list-style-type: none"> • El 50% de las empresas consideran que los alumnos tienen una excelente expresión oral y escrita, mientras que el 47.62% lo consideran como bueno. • El 64.29% consideran que la aportación e ideas de los alumnos con el equipo de trabajo es excelente y el 35.71% lo ven como bueno. • El 59.52% creen que los alumnos tienen habilidad para comunicarse con compañeros de trabajo como excelente y el 38.10% lo ven como bueno. 	<ul style="list-style-type: none"> • El 2.38% ven una falta de expresión oral y escrita en los alumnos. • El 2.38% dicen que los alumnos no se comunican con compañeros de trabajo. • El 85% comentan que los alumnos no dominan el idioma inglés; pero el 20% si lo lee y escribe.
Perfil profesional	Pros	Contras
Competencias específicas		
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la situación financiera presente y futura, mediante técnicas de análisis y proyección para optimizar los recursos de la organización. • Formular la planeación estratégica de acuerdo a las necesidades de la organización y a su entorno, para el alcance de los objetivos planteados. • Administrar el capital humano de acuerdo a la estructura, necesidades y normatividad para alcanzar los objetivos de la organización. 	<ul style="list-style-type: none"> • El 59.52% dicen que los conocimientos técnicos con los que cuenta el alumno son excelentes y el 40.48% lo califican como bueno. • El 64.29% indica que las actividades que se les encomienda en las áreas de la empresa son realizadas como excelentes, lo que permite que no se les repita la indicación y/o la instrucción más de 2 veces; y el 35.71% lo califica como buena. 	<ul style="list-style-type: none"> • El 40% considera que los alumnos no tienen conocimiento de las TIC's.

Área Administración y Evaluación de Proyectos

Perfil profesional	Pros	Contras
Competencias genéricas		
<ul style="list-style-type: none"> • Expresar ideas, necesidades y sentimientos de forma verbal, no verbal y escrita para comunicarse de forma efectiva durante su desempeño profesional. • Actuar con valores y actitudes proactivas, creativas y emprendedoras en su desarrollo personal, social y organizacional en armonía con su medio ambiente. • Comunicar sentimientos, pensamientos, argumentos, 	<ul style="list-style-type: none"> • El 55% de las empresas consideran que los alumnos tienen una excelente expresión oral y escrita, mientras que el 45% lo consideran como bueno. • El 55% consideran que la aportación e ideas de los alumnos con el equipo de trabajo es excelente y el 45% lo ven como bueno. • El 65% creen que los alumnos 	<ul style="list-style-type: none"> • El 70% comentan que los alumnos no dominan el idioma inglés; pero el 25% si lo lee y escribe.

conocimientos, experiencias, ideas, reflexiones, opiniones, en los ámbitos públicos, personal, educacional y ocupacional, productiva y receptivamente en el idioma inglés de acuerdo al nivel b1, usuario independiente, del marco de referencia europeo.	tienen habilidad para comunicarse con compañeros de trabajo como excelente y el 35% lo ven como bueno.	
Perfil profesional	Pros	Contras
Competencias específicas		
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la situación financiera presente y futura, mediante técnicas de análisis y proyección para optimizar los recursos de la organización. • Formular la planeación estratégica de acuerdo a las necesidades de la organización y a su entorno, para el alcance de los objetivos planteados. • Proponer proyectos de inversión para nuevas unidades de producción y para empresas en marcha. • Formular y evaluar proyectos y programas de inversión y/o mejora a través de un análisis estratégico del entorno y la aplicación de técnicas y métodos de mercado, técnicos y financieros, para atender las necesidades de la organización y el desarrollo económico de la región. 	<ul style="list-style-type: none"> • El 50% dicen que los conocimientos técnicos con los que cuenta el alumno son excelentes y el otro 50% lo califican como bueno. • El 85% indica que las actividades que se les encomienda en las áreas de la empresa son realizadas como excelentes, lo que permite que no se les repita la indicación y/o la instrucción más de 2 veces; y el 15% lo califica como buena. 	<ul style="list-style-type: none"> • El 45% considera que los alumnos no tienen conocimiento de las TIC's.

c) ¿Qué buscan las empresas?

Las empresas donde los alumnos realizan la estadía profesional están ubicadas dentro de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, como Toshiba; Pemex, gas y petroquímica básica; Fábrica de Jabón La Corona, S.A de C.V., IDEALEASE Grupo mi camión, S.A. de C.V.; Grupo SANIMEX; Sistemas Abender, S.A. de C.V., Kimberly Clark de México; Seguros Inbursa; Renault Pachuca, entre otras.

Las empresas compartieron que las principales competencias son: iniciativa, toma de decisiones y comunicación como se ve en la figura 2.

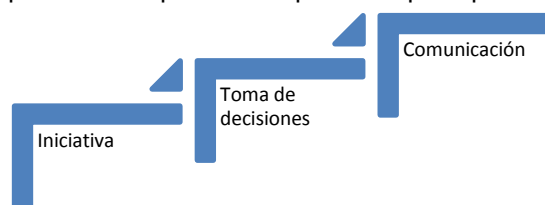


FIGURA 2. Competencias que demandan las empresas

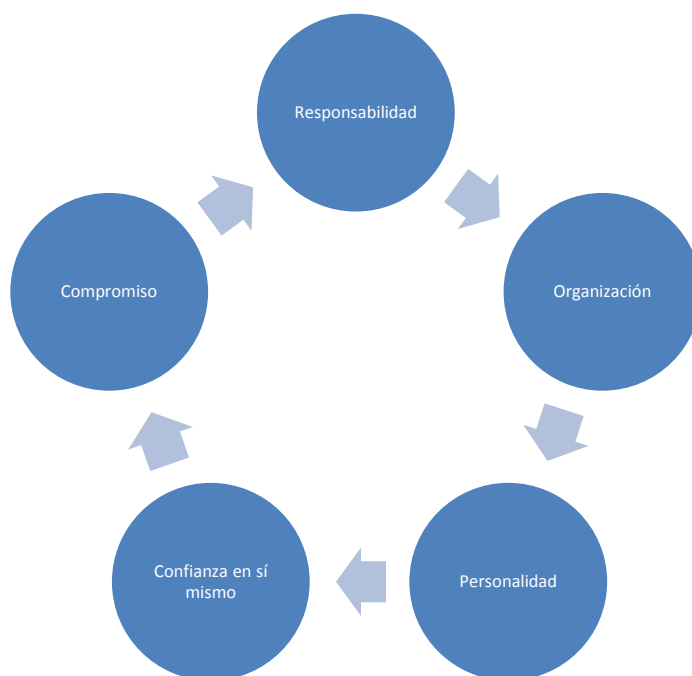
Así que de cara a lo que los alumnos de la Universidad Tecnológica de Tecámac ofrecen es trabajar con la formación integral de las competencias y lograr la titulación de las áreas correspondientes, y que puedan ser candidatos a los puestos de trabajo idóneos en las empresas. Aunado a una preparación en el

idioma inglés y uso de las TIC's. Sin descartar que algunas empresas están dispuestas a generar una capacitación, por el grado de satisfacción en las actividades encomendadas, por la disposición, por habilidad y la visión. Es bueno indicar que el 52% de los alumnos si son contratados antes de concluir la estadía profesional, y tienen la oportunidad de ser apoyados para la continuidad de estudios (que equivale a un año ocho meses en las Ingenierías: Gestión empresarial y Gestión de Proyectos).

La aplicación de competencias laborales en una empresa nos proporciona un esquema de los conocimientos, habilidades y actitudes esperados en los puestos de trabajo, por lo que los alumnos en la estadía profesional

van visualizando para ocupar esos puestos, dando las siguientes ventajas de acuerdo a lo expresado por las empresas de estudio:

- Definir perfiles que cubran los objetivos, lo que proporciona una base para la selección de personal.
- Facilitar la detección de necesidades de Capacitación.
- Identificar las causas del mal desempeño en las actividades encomendadas.
- Indicar una guía a seguir para la adquisición de nuevas competencias.



- Cumplir con los requisitos de las normas de calidad.

FIGURA 3. Valores que demandan las empresas

Trabajo a futuro

Saber el grado de empleabilidad de las empresas donde los alumnos realizan la estadía profesional. Darle una validación a los instrumentos de la encuesta. Saber el grado de satisfacción en el conocimiento técnico por parte de las empresas en el área de Recursos Humanos y área Administración y Evaluación de Proyectos.

Conclusiones

Podemos concluir que lo que aporta el alumno en materia de desarrollo profesional y laboral, desde la perspectiva de la empresa es:

- Conocimiento en el desarrollo de proyectos, administración y planes de negocio.
- El alumno cumple con sus responsabilidades del proyecto y tiene la iniciativa de aportar nuevas ideas a la institución.
- El proyecto que está desarrollando es de importancia derivado de la investigación que está llevando a cabo y la operatividad para aplicarlo.
- Aportación de sugerencias y estrategias administrativas.

- Con un amplio compromiso cumpliendo con lo solicitado, aplicando sus conocimientos, así como sus habilidades en todas sus actividades.
- Con los conocimientos adquiridos, así como aportar con su responsabilidad, respeto e iniciativa propia.
- Es una persona activa al desempeñarse en cada una de sus tareas, siempre da más de lo que se le pide.
- En la toma de decisiones, creatividad y responsabilidad
- Es fundamental, ya que investigan, aportan, adecuan, organizan y dirigen la creación de la Incubadora para proyectos productivos sustentables

Así que los objetivos de la estadía profesional se cumplen por el alumno que desarrolla un proyecto específico y forma parte de un equipo de trabajo, bajo un programa de actividades previamente acordadas entre la Universidad y la empresa que atiendan las necesidades del sector productivo, educativo o social; que permitir al alumno aplicar los conocimientos y habilidades adquiridos en su carrera, consolidando y fortaleciendo de esta manera su formación profesional, y sobre todo detectar que competencias (genéricas y/o específicas) hay que trabajar dentro de las aulas, las empresas están satisfechas con los resultados de los alumnos, más si en cambio, hay que trabajar con la Tic's y habilidades directivas.

Y desde el punto de vista de la Universidad no se ha explotado una evaluación curricular, sólo la encuesta ha servido para saber los indicadores de titulación y si la empresa a la que ha sido enviado el alumno o el alumno ha buscado, es adecuada para continuar enviando alumnos a realizar la estadía profesional. Por ello, el interés de realizar un estudio con esa información para identificar como pueden ser incorporados al mercado laboral en su primera oportunidad (estadía profesional), cabe mencionar que tenemos un registro de alumnos exitosos en esta primera oportunidad.

Referencias

1. Babbie, Earl (1996). *Manual para la práctica de la investigación social*. Editorial Desclee de Brouwer.
2. Bergenhenegouwen, G.; Horn, H. F, y Mooijman, E. A. (1996). *Competence Development – A Challenge for HRM Professionals: core Competences of Organmizations as Guidelines for Development of Employees*, Journal of European Industrial Training.
3. Bunk, G. P. (1994). La transmisión de competencias en la formación y perfeccionamiento profesionales de la RFA, Revista Europea de Formación Profesional.
4. Casas, Rosalba & Luna, Matilde. (1997). "Introducción general", en: *Gobierno, academia y empresas en México: hacia una nueva configuración de relaciones*, México, UNAM.
- 5.
6. Cruz, P. K., y Vega, G. M. (2001). *La gestión por competencias: una nueva herramienta en la planificación estratégica del recurso humano*, Antofagasta, Universidad de Antofagasta.
7. Delcourt, J. (1999) *Nuevas presiones a favor de la formación en la empresa*, Formación Profesional.
8. Ferrández, A. (1997). *El perfil profesional de los formadores*, Bellaterra, Universidad Autónoma de Barcelona.
9. Hooghiemstra, T. (1994). *Gestión integrada de recursos humanos*, en MITRANI, A.; DAZIEL, M., y SUÁREZ, I. (eds.): *Las competencias*, Barcelona, Planeta.
10. Ibarra, A. (2000). *Formación de recursos humanos y competencia laboral*, Boletín Cinterfor.
11. Le Boterf, G. (1995). *De la compétence: essai sur un attracteur étrange*, París, Editions d'Organisation.
12. – (1996) *De la compétence a la navigation professionnelle*, París, Editions d'Organisation.
13. Levi-LeBoyer, C. (1997). *La gestión de las competencias*, Barcelona, Ediciones Gestión 2000.
14. Mertens, L. (1998). *La gestión por competencia laboral en la empresa y la formación profesional*, Madrid, OEI.
15. Selltiz, (1980). *Métodos de investigación relaciones sociales*. Ediciones Rialp, S.A.
16. Van Dalen, Deobold B. y William J. Meyer (2000). *Manual de técnicas de la investigación educacional*. Ediciones Rialp, S.A
17. Antecedentes de las Universidades Tecnológicas, recuperado de www.cgut.sep.gob.mx.
18. Fortalecimiento del subsistema de Universidades Tecnológicas "Su evolución al nivel de estudios 5ª, recuperado de www.utgutierrezamora.edu.mx/fortalecimiento
19. http://www.ses.sep.gob.mx/wb/ses/universidades_tecnologicas
20. www.uttecamac.edu.mx

Acreditación y competencias: una revisión en la aplicación de la carrera de Sistemas Computacionales

M. E. Carreón Romero^{1*}, L. Carreón Romero², M. Montiel Martínez³

¹Cuerpo Académico Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos, Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Sección I y II S/N Aire Libre C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México.

²Academia de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Sección I y II S/N Aire Libre C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México.

³Cuerpo Académico Calidad y Mejora Continua en Servicios Tecnológicos, Academia de Mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Sección I y II S/N Aire Libre C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México.

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

El siguiente trabajo presenta un análisis comparativo antes y después de la acreditación, destacando las ventajas competitivas adquiridas por los alumnos de la carrera de Sistemas Computacionales del ITST; el documento muestra que mediante la mejora y fortalecimiento de las competencias profesionales se logró incrementar los índices relacionados con el desempeño laboral de los egresados de la carrera. Lo anterior como resultado de la implementación de estrategias alineadas al trabajo académico realizado y necesidades del sector laboral.

Los resultados obtenidos a partir de establecer un universo con el total de alumnos egresados, y siendo de interés el número de estudiantes con empleo alineado y no alineado con el perfil de egreso, muestran que, aquellas generaciones bajo la influencia de la acreditación han tenido una mejor oportunidad laboral, y esto se refleja con el incremento de egresados que laboran en actividades propias de la carrera.

Palabras clave: Competencias, Acreditación, Egresados.

Abstract

This paper presents a comparative analysis before and after accreditation, it is highlighted the competitive advantages gained by the ITST students of the discipline of Computer Systems, the paper shows that by improving and strengthening the professional competences there were increases in the indexes related to professional performance of graduates in the discipline. This was obtained as a result of the implementation of strategies aligned to academic work and needs of the labor sector.

The results obtained from establishing a universe with the total alumni, and interest being the number of students employed aligned and not aligned with the exit profile, show that those generations under the influence of accreditation have had a better job opportunity, and this is reflected in the increase of graduates working in own career activities.

Introducción

Antecedentes

Un entorno globalizado exige estándares de calidad en todos los ámbitos; el sector educativo como cimiento para el desarrollo social puntualiza su importancia en todos sus niveles (López Domínguez, 2013). El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (ITST) ha trabajado en los últimos años por mejorar los aspectos cualitativos de la educación, con la finalidad de garantizar altos parámetros que ayuden a conseguir resultados de aprendizaje reconocidos y mensurables en nuestro país. Se requiere un cambio organizativo de diferencia de forma, calidad o estado a lo largo del tiempo en la organización a partir de la introducción deliberada de nuevas formas de pensar, actuar u operar, persiguiendo una mejora de resultados (Camisón, Cruz, & González, 2007).

Problema

Existe la necesidad de mejorar y fortalecer las competencias profesionales de los futuros egresados de la carrera de Sistemas Computacionales del ITST, facilitando los medios y herramientas para ayudar a obtener una formación integral, así como, crecimiento y desarrollo en competencias propias de su perfil profesional y

con ello lograr incrementar el índice de egresados con éxito en el sector laboral (Maridueña Arroyave , 2014); además de adquirir una preparación académica sólida que les permita continuar con estudios en posgrados de calidad.

Justificación

La calidad educativa cimentada en procesos de acreditación y certificación significa reconocimiento en la formación profesional, así como confianza y credibilidad respecto a su proceso educativo y sus resultados. La carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del ITST en búsqueda de procesos educativos de calidad y seguir un proceso para fortalecer la calidad de sus egresados, seleccionó como estrategia el proceso de acreditación. (Camisón, Cruz, & González, 2007).

Incorporar a los egresados al mercado laboral con resultados positivos significaba todo un reto para la carrera de Sistemas Computacionales, pues implicaba que los alumnos estarían preparados para competir con egresados de diferentes escuelas de nivel profesional con prestigio, así como reconocimiento estatal y nacional; la situación a simple vista se observaba difícil, pero posible si se lograba identificar el tipo de competencias requeridas e implementar las estrategias que indicaran el rumbo a seguir. Al iniciar el proceso de acreditación se tuvo un panorama claro de las fortalezas y debilidades de la carrera, todo ello implicó mejorar y fortalecer en su mayoría cuestiones académicas soportadas en uso y manejo de tecnología, así como, actualización y capacitación docente.

Objetivo general

Mostrar el impacto que tiene un alumno en el ámbito laboral al egresar de una ingeniería acreditada con las ventajas competitivas adquiridas durante su formación profesional con base a estándares de calidad reconocidos.

Objetivos específicos

- Definir la muestra de aplicación en relación a la cantidad de alumnos del ITST.
- Realizar una tabla comparativa que muestre los cambios y compromisos académicos adquiridos por la acreditación.
- Mostrar competencias profesionales de impacto adquiridas por los alumnos durante su formación profesional.
- Realizar una investigación de campo para verificar el impacto de los egresados en el ámbito laboral.
- Evaluación de tipos, actitudes y competencias.

Preguntas de investigación

¿Con la incorporación de la acreditación se elevará el nivel competitivo de los egresados?

¿El perfil profesional de los estudiantes mejorará si se alinean materias a necesidades laborales?

Si se mejora el nivel académico, los alumnos al egresar ¿serán más competitivos?

Al fortalecer las competencias profesionales de los estudiantes ¿se incorporarán más fácilmente al sector laboral?

Limitaciones

Las limitaciones que se podrían presentar durante la realización de éste trabajo serían el no contar con: la disposición de los egresados para proporcionar información, datos de egresados antes del proceso de acreditación, además de la colaboración de un experto en temas generales del área de programación, así como, el tiempo que demanda la realización de un buen trabajo de investigación.

Metodología

Hipótesis

El fortalecimiento de las competencias profesionales relacionadas con desarrollo de software a través del proceso de acreditación ayudarán a elevar el nivel competitivo de los egresados del ITST.

Variables

Se identificó como variable dependiente “competitividad del egresado” y como variable independiente “competencias profesionales relacionadas con el desarrollo de software”.

Diseño utilizado

El esquema de investigación que se aplicará al trabajo será no experimental “según la finalidad” fundamentado en la investigación exploratoria y descriptiva (Cazau, 2002).

La investigación exploratoria se utilizó para obtener la información de interés para el estudio en cuestión, con la descriptiva se identificarán las posibles variables del problema a estudiar, es decir, primero se formula la hipótesis, después se identifican las variables de estudio, posteriormente se categorizan las variables y operacionalización, siguiéndose la organización de los datos en gráfico y finalmente se analizan para determinar los resultados del estudio.

Sujeto, universo y muestra

Tabla 1. Total de egresados titulados por año

	2007	2008	2009	2010	2011	Total	2012	2013	2014	2015	Total
Sem. Influenciados por acreditación	0	0	0	0	1		3	5	7	9	
Cantidad alumnos egresados	1	38	16	14	19	49	26	27	27	0	80

Tomando como base la Tabla 1, apoyada en datos proporcionados por el Depto. de Seguimiento de Egresados del ITST, el universo se definió con un total de 80, dato obtenido de la siguiente manera:

$$\text{Universo} = 26 + 27 + 27 = 80 \text{ egresados.}$$

A partir de ello y utilizando la fórmula para determinar una muestra de población finita y conocida se tiene que:

$$n = \frac{1.96^2 * 80 * 0.5 * 0.5}{0.05e^2 * (80 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 66$$

Para verificar el impacto del proceso de acreditación así como de las acciones académicas realizadas, se diseñó un instrumento de medición (cuestionario) que ayudara a obtener información de estudiantes egresados de las generaciones 2012-2014. El instrumento de medición considera 5 ítems compuestos en su mayoría por 5 categorías. La variable que se analizó en el trabajo de investigación fue la relacionada con el desempeño profesional; para esta variable se determinó la dimensión de la preparación profesional considerando las fortalezas y competencias utilizadas en el desarrollo de sus actividades desempeñadas. De acuerdo a los elementos que se manejan en el instrumento, se pueden atribuir las características de confiabilidad y validez, en virtud de que se puede confiar en los resultados, debido a que el instrumento arrojará la información que se requiere obtener de acuerdo a la variable analizada.

Procedimiento

Investigación exploratoria

En esta fase se realizó una investigación a partir de la búsqueda, selección y concentración de información relacionada con el proceso de acreditación de la carrera de Sistemas Computacionales del ITST y conocer datos relevantes que ayudarán a realizar el estudio de investigación propuesto.

Un dato importante para conocer la situación académica de los estudiantes de la carrera de Sistemas Computacionales, fue la revisión del documento de evaluación solicitado por CONAIC; así como, información de egresados relacionada con la incorporación al sector laboral; consultados en estadísticas del departamento de Seguimiento a Egresados e historiales de la División de Sistemas Computacionales respecto a perfiles solicitados de estudiantes: residentes, becarios y egresados solicitados por diferentes tipos instituciones y empresas que demandan profesionistas del ITST. Los datos obtenidos permitieron discernir algunas de los requerimientos para la formación de futuros egresados, donde se pone de manifiesto las competencias profesionales solicitadas por el sector laboral, identificando entre otras, las relacionadas con el “desarrollo de software” como una de las prioritarias a fortalecer; lo anterior marcaría la pauta para reorganizar el trabajo académico, y dirigir actividades conjuntas con la finalidad de brindar a los futuros egresados mejores oportunidades de empleo y éxito profesional (González, 2006).

Derivado de los datos mencionados anteriormente se procedió a realizar un análisis de las materias de la retícula plan 2010 de la carrera de Sistemas Computacionales que inciden con las competencias solicitadas por sector laboral, identificando 18 materias donde los objetivos generales coincidieron con las competencias laborales demandadas como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2 . Reticula de Sistemas Computacionales señalando materias vinculadas con demandas laborales

Sem1	Sem2	Sem3	Sem4	Sem5	Sem6	Sem7	Sem8	9
Calculo Diferencial	Calculo Integral	Calculo Vectorial	Ecuaciones Diferenciales	Lenguajes y Autómatas I	Lenguajes y Autómatas II	Programación Lógica y	Redes Inalámbricas	R E S I D E N C I A
Fundamentos de Programación	POO	Estructura de Datos	Métodos Numéricos	Fundamentos de Tele-	Redes de Computadora	Conmutación y Enrutamiento	Admón. de Redes	
Taller de ética	Contabilidad Financiera	Cultura empresarial	Tópicos Avanzados de	Taller de Bases de Datos	Admón. De Bases de Datos	BD distribuidas	Taller de investigación II	
Matemáticas Discretas	Química	Investigación de Operaciones	Fundamento s de Bases de	Simulación	Graficación	Programación Web	Administración configuración, y	
Taller de Admón.	Algebra Lineal	Sistemas Operativos	Taller de Sistemas	Fundamentos de Ingeniería del	Ing. Del Software	Gestión de Proyectos de	Inteligencia Artificial	
Fundamentos de Investigación	Probabilidad y Estadística	Física General	Principios Eléctricos y	Arquitectura de Computadoras	Lenguajes de Interfaz	Sistemas Programables	Sistemas Distribuidos	
				Desarrollo Sustentable	Taller de Investigación I	Seguridad Informática		

Es importante mencionar que el proceso de acreditación inicia en 2009 y finaliza en octubre del 2010, dejando claro que las generaciones egresadas en los años 2010 y 2011 carecen de la influencia del proceso de acreditación. De acuerdo a las materias marcadas en la Tabla 2 y las fechas de entrada en vigor del proceso de acreditación, en la Tabla 3 se muestra la cantidad de semestres influenciados por el proceso de acreditación, las materias que inciden en la demanda competitiva del perfil de egreso de los estudiantes, así como, el porcentaje que representan las materias cursadas con respecto al total de asignaturas de la carrera, dejando claro, que es a partir de la generación egresada en el año 2012, donde el proceso de acreditación tuvo cierto grado de influencia, señalando que la generación egresada en el año 2015, aunque es un detonante para evaluar el proceso de acreditación, aun no se cuenta con datos precisos, debido a que varios egresados están en la fase de transición de incorporación al sector laboral.

Tabla 3. Semestres cursados y materias influenciadas por proceso de acreditación

Año de Egreso	Num. de Sem. influenciados con proceso de acreditación	Cantidad de materias con incidencia de demanda competitiva	Porcentaje de materias incidentes con demanda
2010	0	0	0%
2011	1	1	5%
2012	3	7	37%
2013	5	13	68%
2014	7	17	90%
2015	9	19	100%

Con la finalidad de adecuar las materias que inciden con las demandas laborales y enfocarlas al desarrollo de competencias profesionales; cada docente titular de las materias marcadas en la Tabla 2 revisó: las prácticas propuestas, uso de herramientas tecnológicas y fuentes bibliográficas; adecuando las asignaturas con un enfoque basado en competencias utilizando para ello métodos de enseñanza como: estudio de casos, método de proyectos y aprendizaje basados en problemas; que además de promover el desarrollo de competencias genéricas, cimentarían y fortalecerían las competencias profesionales en los estudiantes (Crispín Bernardo , Gómez Fernández, Ramírez Robledo, & Ulloa Herrero, 2012). Por lo anterior fue necesario revisar la disponibilidad de licencias de software, laboratorios de cómputo con equipo actualizado y en funcionamiento, espacios y aulas adecuadas con equipo e Internet, así como capacitación y actualización docente, esto de acuerdo a puntos solicitados en el documento de evaluación del Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C. (CONAIC). Otro aspecto importante de mencionar, es el trabajo de los docentes que imparten materias de matemáticas en la carrera en relación a la mejora de habilidades para análisis y diseño de soluciones informáticas, competencia fortalecida mediante el desarrollo de aplicaciones matemáticas (Santos , 2010).

Investigación descriptiva

En esta fase se realizó la construcción de la hipótesis y la identificación de las variables dependiente e independiente; posterior a ello se realizó el instrumento de medición; las variables que se analizarán en la

investigación son cuantitativas, por consiguiente se aplicarán medidas estadísticas como la media, mediana y moda para su interpretación. Una vez elaborado el instrumento de medición se aplicó a la muestra conformada por 66 egresados de la carrera de Sistemas Computacionales sin importar genero y edad. Los resultados de la encuesta se describen a continuación. Con respecto a la pregunta, mostrada en la figura 1, donde se pregunta si actualmente se encuentra laborando, la mayoría de los encuestados respondió que si, de los cuales el 68% realizan funciones afines a su perfil profesional y solo el 23% llevan a acabo otro tipo de funciones; del 9% que no labora el 4.5% manifestó tener dificultad para obtener empleo, mientras que el 1.5% señalo estar estudiando un posgrado y el 3% comentó estar realizando actividades propias del hogar.



Figura 1. Gráfico de respuestas a la pregunta 1

A la pregunta 2, mostrada en el gráfico de la Figura 2 y relacionada con la calidad de preparación profesional recibida, un 88% respondió que si, de los cuales el 73% consideró que los conocimientos recibidos generaron bases sólidas y el 15% considera haber sido reconocido el nivel académico; del 12% que expresaron un no, indicaron realizar funciones distintas a su perfil profesional.



Figura 2. Gráfico de respuestas a pregunta 2

En lo que se refiere a fortalezas adquiridas para desempeñarse eficientemente en su trabajo el 26% contestó ser la formación académica integral, el 33% se refirió al dominio en el uso de herramientas tecnológicas para el desarrollo de aplicaciones; el 30% expreso consistía en aplicar los conocimientos en la practica y el 8% señaló ser el idioma Inglés.



Figura 3. Gráfico de respuestas a pregunta 3

En relación a la pregunta 4, donde se pregunta si ha sido promovido en su trabajo o recibido ascensos como resultado del desempeño mostrado, el 41% respondió que varias veces; 30% indicó que se le ha promovido algunas veces, el 17% continua en su mismo puesto para lo que fue contratado; mientras el 12% manifesto

tener empleos temporales. Dichas respuestas indican la que preparación profesional y desempeño laboral a permitido mejorar las condiciones .laborales de los egresados.



Figura 4. Gráfico de respuestas a pregunta 4

Con respecto a la competencias mas solicitadas en el sector laboral, Un 23% respondió ser el análisis y diseño de soluciones, otro 23% coincidió en el desarrollo de aplicaciones web; el 18% contestó que desarrolladores Java, el 17 % que desarrolladores C# y .Net. Por último el 19% indicó que requería de competencias en desarrollo y/o administración de Bases de Datos.

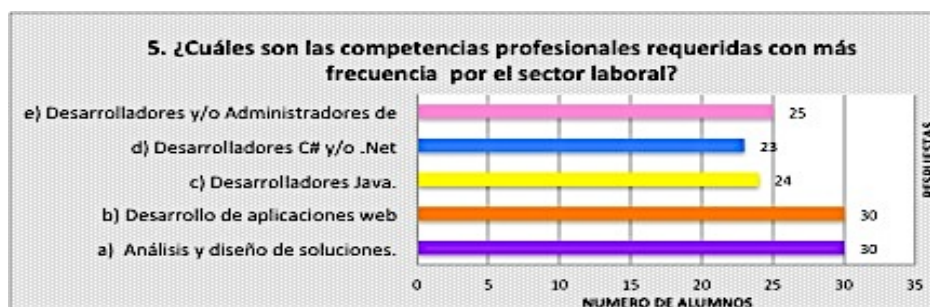


Figura 5. Gráfico de respuestas a la pregunta 5

Los resultados de la encuesta muestran que la mayoría de los egresados se encuentran laborando realizando funciones propias del perfil profesional y consideran su preparación académica de calidad, debido a los buenas experiencias obtenidas en el desempeño de sus actividades, reconociendo poseer fortalezas que los hacen competitivos y como resultado de ello obtenido mejores oportunidades de promoción y ascensos.

Discusión de resultados

De acuerdo al estudio realizado, la competencia profesional “desarrollo de software ” fue identificada como una de las más solicitadas por el sector laboral en los egresados de la carrera de sistemas computacionales; razón que condujo a la revisión y reestructuración de las materias relacionadas con esta área; enfocando los objetivos de las materias señaladas (Tabla 2) al desarrollo de competencias para realizar análisis y diseño de soluciones, así como, el desarrollo de aplicaciones bajo diferentes tecnologías mediante un enfoque de prácticas; observado como resultado de este trabajo, el fortalecimiento en el dominio del uso de herramientas tecnológicas y facilidad para aplicar los conocimientos en la práctica, señalando así, claras ventajas competitivas en los estudiantes para desempeñarse de forma eficiente en el ámbito laboral.

En la Tabla 4 se muestra un comparativo de datos de egresados de la carrera de Sistemas Computacionales antes de la acreditación, obtenidos de estadísticas del departamento de Seguimiento de Egresados del ITST y los datos de las generaciones 2012, 2013 y 2014 derivados del estudio presentado, donde se muestra un 91% de egresados incorporados al sector laboral, reflejando un claro aumento del **40%** con respecto a las generaciones 2007 - 2011 que fueron anteriores a la acreditación; con respecto a índice de egresados que laboran realizando actividades propias del perfil profesional, este índice tuvo un incremento del **15%**: Los datos reflejan el buen resultado de la implementación de estrategias y trabajo académico conjunto realizado por personal de la carrera de Sistemas Computacioneales del ITST.

Tabla 4. Totales y porcentajes de egresados incorporados al sector laboral

	GENERACIONES DE EGRESO							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Cantidad de Alumnos Egresado	1	38	16	14	19	26	27	27
	CANTIDAD		PORCENTAJE			CANTIDAD		PORCENTAJE
Total de Egresados	88		100%			80		100%
Total de Alumnos Laborando	57		65%			73		91%
Alumnos con Empleos Alineados a Perfil	38		66%			56		76%
Empleos no alineados a Perfil	19		34%			17		24%

La Tabla 5 muestra un comparativo de rubros del proceso de acreditación que inciden directamente en la formación académica de los egresados de la carrera de Sistemas Computacionales, observando aumento de índices en todos los rubros, con incrementos hasta de un 85%. Así mismo se observa que, de los elementos más importantes considerados para la acreditación, se obtuvo en promedio un incremento del 44%, lo cual refleja una clara mejora del trabajo desarrollado por académicos del ITST a través del proceso de acreditación.

Tabla 5. Comparativo antes y a la fecha con proceso de acreditación vigente

ELEMENTOS EVALUADOS EN ACREDITACIÓN	ANTES DE ACREDITACIÓN 2007-2009	DESPUÉS DE ACREDITACIÓN 2010-2014	INCREMENTO %
Cumplimiento temarios	85%	100%	15%
Promedio de prácticas realizadas por materia(teorico-practica)	50%	100%	50%
% Prácticas desarrolladas con apoyo de herramientas tecnologicas	55%	100%	45%
Actividades para fortalecer capacidad de análisis	60%	90%	30%
Promoción en uso de tecnologías libres y propietarias	100%	100%	
Participación de alumnos en Desarrollo de proyectos de Impacto en la región	5%	15%	10%
Prácticas alineadas a necesidades reales	30%	80%	50%
Capacitación docente	40%	100%	60%
Capacitación profesional	50%	100%	50%
Certificaciones docentes	30%	85%	55%
Certificaciones Profesionales	25%	75%	50%
Docentes con licenciatura	100%	100%	
Docentes con especialidad	10%	40%	30%
Docentes con maestría	10%	95%	85%
INFRAESTRUCTURA			
Disponibilidad de aulas de cómputo	60%	100%	40%
Equipamiento	80%	100%	20%
Licencias de Software	25%	100%	75%
		Promedio	44%

CONCLUSIÓN

A lo largo de la presente investigación logró demostrarse cómo en los últimos cinco años con la incorporación del proceso de acreditación y continuo trabajo académico, se lograron incrementos significativos en el índice de alumnos egresados que se encuentran laborando, así como también se distingue, un claro aumento en el índice de egresados que realizan actividades propias de su formación profesional. Se observó además que las nuevas

demandas del sector laboral fueron resueltas de manera satisfactoria, proporcionando profesionistas competitivos acordes a las necesidades solicitadas como: habilidades en uso de tecnologías, dominio de temas especializados, vinculación con el sector productivo, experiencia laboral, así como el dominio del idioma Inglés.

REFERENCIAS

1. Camisón, C., Cruz, S., & González, T. (2007). *Gestión de la Calidad*. Madrid, España: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
2. Cazau, P. (2002). *Introducción a la Investigación de las Ciencias Sociales* (2a. ed.). Buenos Aires, Argentina.
3. Crispín Bernardo, M. L., Gómez Fernández, T., Ramírez Robledo, J. C., & Ulloa Herrero, J. R. (06 de 2012). GUÍA DEL DOCENTE PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS. Retrieved 09 de 03 de 2015 from http://www.iberomx.mx/formaciondeprofesores/apoyo%20generales/Guia_docente_desarrollo_competencias.pdf
4. López Domínguez, R. (2013). Educación en ciencias como detonante de desarrollo social. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo* (11).
5. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (4a. edición ed.). (J. Cejudo, Ed.) México D.F., México: McGrawHill.
6. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2007). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. (J. Cejudo, Ed.) México, México: McGrawHill.
7. González, M. V. (2006). *La Orientación Profesional en la Educación Superior*. 3era Convención Internacional de Educación Superior. Habana Cuba.
8. Maridueña Arroyave, M. R. (Agosto de 2014). LA HABILIDAD DE PROGRAMACIÓN DE COMPUTADORAS DESDE UN ENFOQUE CONCÉNTRICO Y RADIAL EN EL CURRÍCULO DEL INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES. *UNIVERSIDAD Y SOCIEDAD*, Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos.
9. Montero Lorenzo, J. (2007). *Estadística Descriptiva*. Madrid, España: PARANINFO.
10. Polya, G. (2013). *Cómo Plantear y Resolver Problemas*. México, México: Trillas.
11. Santos, L. (2010). *La Resolución de Problemas Matemáticos*. México, México: Trillas.
12. TIC-Noticias. (2014). *Información Tecnológica para Profesionales*. México.
13. TICPymes.es. (17 de octubre de 2014). Retrieved 12 de febrero de 2015 from <http://www.ticpymes.es/educacion/noticias/1077262025604/desarrollador-software-futuro.1.html>
14. Trendy Skills. (n.d.). (Dra Petalidis Nicholaos) Retrieved 21 de 04 de 2015 from <http://trendyskills.com/#jobs>

Importancia de la Triada (profesores, padres y tutores) en el incremento del rendimiento académico de estudiantes de primer semestre de Ingeniería en Sistemas Computacionales del I.T.O.

G.T. Muñoz Fuentes^{1*}, J. M. Muñoz Lara¹, V.R. Castillo Intriago², L. L. Mendoza Cruz¹,

¹Departamento de Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico de Orizaba,
Prol. de Oriente 9 No. 820, Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94340, Orizaba. Veracruz, México

² División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba

*fabilezamam@hotmail.com

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

Este proyecto pretende exponer, como se puede contribuir a la disminución de la deserción en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, mediante la Triada que está integrada por profesores, padres de familia y tutor. Se muestra que a través de la tutoría en la modalidad con padres de familia, la participación activa de los profesores asignados a impartir materias de primer semestre y del Tutor. En este caso el Tutor realizando su tarea de detección y canalización a los servicios de apoyo tales como: Psicopedagogía y Coordinación de Asesorías Académicas, con los que cuenta el Instituto Tecnológico de Orizaba; y en el caso de los padres de familia manteniendo comunicación con los responsables de estos servicios de apoyo sobre los avances que se van obteniendo para mejorar la actividad académica de los estudiantes, para que de manera conjunta, operen y logren contribuir a la formación integral del estudiante.

Palabras clave: Triada, estudiante, tutor, padres de familia, profesor

Abstract

This project aims to expose, as you can help reduce the dropout Race Computer Systems Engineering, by Triad Teachers - Parents - Tutor. It shows that through tutoring mode with parents, the active participation of teachers assigned to teach subjects in the first semester and the Tutor. In this case the Tutor performing their task of detection and referral to support services such as Psychology and Coordination of Academic Advising, are there in the Technological Institute of Orizaba; and in the case of parents maintaining communication with those responsible for these support services on the advances that are obtained to improve student academic activity, to jointly operate and manage to contribute to the formation of the student.

Introducción

Cabe mencionar, que en los últimos años la figura del tutor ha sido importante en el modelo educativo de competencias para el seguimiento de estudiantes en el transcurso de formación académica universitaria, no obstante, se ha presentado un bajo rendimiento académico de los estudiantes que cursan el primer semestre de la carrera en Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Orizaba; la labor del tutor no es suficiente, por lo que se requiere la participación activa de otros individuos. En el seno de la academia de la carrera en Sistemas Computacionales se propone la formación de la Triada, donde profesores de primer semestre, y padres de familia se unen y complementan la labor del tutor. La presente investigación de índole educativa dará a conocer las acciones específicas y los resultados obtenidos. Se presentará un análisis estadístico cualitativo y cuantitativo de dichos resultados que permitirán comparar con otros semestres si la conformación de la Triada y su implementación, repercutirá favorablemente en el rendimiento académico del estudiante.

Metodología

La presente investigación fue descriptiva, ya que solamente analizó y monitoreó el rendimiento académico de los estudiantes de primer semestre de la carrera en Ingeniería en Sistemas Computacionales a partir de las acciones implementadas por la Triada. Además, la investigación fue de tipo mixta, ya que utilizó el aspecto cualitativo para el análisis de información y el cuantitativo para la medición del rendimiento de los estudiantes de primer semestre de la carrera antes mencionada.

El diseño de la investigación fue documental porque se requirió de fuentes de información que la soportó científicamente; asimismo, el diseño fue de campo porque se obtuvo información a través de entrevistas y encuestas en el diagnóstico y medición de resultados obtenidos de las acciones implementadas por la Triada.

Por último, su diseño fue longitudinal, ya que se realizó el monitoreo constante de la ejecución de las acciones por la Triada, su retroalimentación a través de dos reuniones efectuadas en el transcurso del semestre y de la evaluación final.

A continuación se detalla la metodología que se utilizó en la investigación:

Análisis y acciones aisladas de los profesores y tutores sobre el rendimiento académico de los estudiantes de primer semestre.

En el periodo enero- junio 2015, los docentes de primer semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas se reunieron al término de la primera unidad y coincidieron que el comportamiento y la actitud de los diecisiete estudiantes ante los docentes no era la esperada: Los estudiantes no asistían a clases, no entregaban tareas, con un pobre compromiso, ya que reflejó un 90% de índice de reprobación al término de la primera unidad. Por su parte, los tutores a través del instrumento de la entrevista realizaron cuestionamientos sobre: la actitud y falta de compromiso, agrado o no por la carrera y sobre el índice de reprobación. Cabe resaltar que en el Sistema Nacional de los Institutos Tecnológicos, se tiene que cubrir un porcentaje aprobatorio mínimo del 51%, de no lograrlo se procede a baja definitiva.

Por lo que cada docente tomó la iniciativa de llevar a cabo acciones aisladas para remediar la situación: desde platicar con ellos, hasta dinámicas grupales. No obstante, no hubo resultados favorables al término de la segunda unidad, situación alarmante que podía incidir en la deserción.

Reunión con los padres de familia de los estudiantes de primer semestre de la carrera en Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Ante esta situación, al término de la segunda unidad, se llevó a cabo una reunión convocada por el coordinador institucional de tutorías, coordinador de tutorías y tutores académicos de Ingeniería en Sistemas Computacionales para padres de familia de los estudiantes de primer semestre. En dicha reunión asistieron los padres de familias de los diecisiete estudiantes, y se obtuvieron beneficios tales como:

- a) Conocer la relación y comunicación de los padres de familia con sus hijos. Cada padre de familia intervino para compartir su relación y comunicación con sus hijos.
- b) Sensibilizar a los padres de familia de su importancia en formar parte fundamental de la Triada, para disminuir la deserción y contribuir a la formación integral de sus hijos, ya que mínimo debe acreditar el 51% del total de sus asignaturas.
- c) Establecer el medio de comunicación de los padres de familia con el respectivo tutor académico de su hijo. Los principales medios que se establecieron: vía telefónica, correo electrónico y visita programada a la institución.
- d) Presentar a los padres de familia la situación académica de sus hijos. El resultado obtenido del examen diagnóstico que se aplicó en la primera clase del ciclo escolar en cada una de las materias para identificar si el alumno cuenta con los conocimientos necesarios para iniciar la asignatura. Además se presentaron los resultados obtenidos durante las primeras dos unidades de cada asignatura.
- e) Primer acercamiento de los padres de familia con los maestros de asignatura.
- f) Establecer la fecha para la primera reunión formal de la Triada.

Reunión con los profesores que imparten asignaturas en el primer semestre de la carrera en Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Para conformar a la Triada, se requirió de otro elemento fundamental: los profesores de primer semestre. Para ello, se realizó una reunión convocada por el coordinador institucional de tutorías, coordinador de tutorías y tutores académicos de Ingeniería en Sistemas Computacionales. De los beneficios de dicha reunión fueron:

- a) Informar a los profesores de los beneficios en la primera reunión.
- b) Sensibilizar a los profesores de su importancia en la conformación de la Triada.
- c) Comprometerse al trabajo que implica la Triada, para combatir la deserción y contribuir a la formación integral del estudiante.

Primera reunión de trabajo de la Triada.

A partir de los resultados obtenidos de los estudiantes en las primeras dos unidades de cada una de las asignaturas cursadas, se reunió por primera vez la Triada, integrada por los profesores de primer semestre, tutores académicos y padres de familia. En dicha reunión se realizaron las siguientes acciones:

- a) Análisis de las calificaciones.
- b) Análisis de la asistencia a clases.
- c) Análisis del comportamiento en clase.

Posterior a dicho análisis, se establecieron las siguientes estrategias para disminuir la deserción, disminuir el índice de reprobación y de contribuir a la formación integral del estudiante:

- a) Canalizar al alumno a asesorías académicas. programación (días y horarios) de asesorías de las materias de mayor índice de reprobación.
- b) Acción tutorial. Los tutores académicos identificaron que el 100% de los estudiantes de nuevo ingreso de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales, habían elegido esta carrera como segunda opción en el sentido de que todos ya habían iniciado alguna otra carrera en diferentes instituciones.
- c) Canalizar al alumno al departamento psicopedagógico. La responsable de este departamento detectó que el 76% ellos tenían problemas tales como: familias disfuncionales, separaciones, divorcios, madres solteras, etc..
- d) Asistir a cursos remediales. Se realizaron cursos remediales paralelamente a los cursos normales; éstos se llevaron a cabo debido a que la cantidad de alumnos reprobados en una materia sobrepasa el 50%. Se manejan los temas más importantes o con mayor índice de reprobación del curso normal.
- e) Realizar ejercicios extra. El profesor para apoyar al estudiante en peligro de reprobación de la materia le asignó ejercicios extra a manera de que el alumno se preparara para su segunda oportunidad y al mismo tiempo le resolviera dudas.
- f) Estilos de aprendizaje. Canalizarlos con la encargada del departamento psicopedagógico, para investigar si el estudiante es auditivo, visual o kinestésico (estilos de aprendizaje). Los auditivos tienden a aprender más fácil por medio del oído, aprenden repitiendo las cosas en voz alta pues escuchan varias veces lo mismo. Los visuales lo relacionan el aprendizaje con imágenes, pueden recordar textos viendo diapositivas o sus apuntes de la asignatura. Mientras que los kinestésicos por medio de sensaciones o movimientos, por ejemplo cuando realizan actividades a través de experimentos, programas de computadora.
- g) Trabajo de padres en casa. Los padres apoyaron a su hijo proporcionándole el material y el lugar adecuado para que el estudiante pudiera realizar su trabajo, evitaron distractores, así como estuvieron pendientes de que asistiera a sus asesorías y de las calificaciones obtenidas. Además, estuvieron en contacto con el tutor, para mantenerse informado sobre asesorías asistidas, inasistencias del profesor a la asesoría, inasistencia del profesor al curso normal de la asignatura y de las calificaciones entregadas por el profesor a los alumnos.

Elaboración y aplicación de instrumentos de medición.

Se diseñaron dos instrumentos de medición (encuestas). El primero de ellos, se aplicó al estudiante donde se obtuvo información detallada sobre el rendimiento final del estudiante y de la importancia de la participación de la Triada. Se realizó una encuesta donde se preguntaba a los estudiantes sobre el número de materias reprobadas, si había funcionado las asesorías académicas, los cursos remediales. A los alumnos que fueron canalizados al departamento psicopedagógico, si les había ayudado en su desempeño académico. Cual fue la importancia de la Triada en su desempeño, como califican el trabajo del tutor, y si creen que sin sus padres hubieran salido adelante, si les gustó que sus padres estuvieran al tanto y tomaran una participación activa en este proceso; si les gustaría que la Triada continuara en el próximo semestre.

Con el segundo instrumento se obtuvo información sobre la participación o grado de involucramiento de los padres de familia en el rendimiento académico de sus hijos. La segunda encuesta fue si les gustó que sus padres participaran en el proceso, si estaban pendientes de sus asesorías, se les dio una serie de acciones y ellos señalaban las opciones que creían habían hecho sus padres para involucrarse ejemplo: adecuaron un lugar para estudiar (mesa o escritorio) quitaron distractores cuando ellos estudiaban (televisión, música teléfono) estaban al pendiente de que fueran a asesorías, al pendiente de sus calificaciones, mantenían constante comunicación con el tutor, acudían a las juntas programadas..., etc..

Análisis de los resultados obtenidos de los instrumentos de medición.

Se llevó a cabo un análisis cualitativo y cuantitativo de los resultados obtenidos de la investigación, que permitió comparar con semestres anteriores si la conformación de la Triada y su implementación, fue exitosa o no. Para mayor explicación se detalla en el siguiente punto de la ponencia.

Resultados y discusión

En semestres anteriores el índice de reprobación y de deserción fueron muy elevados, sin embargo al implementar la Triada el resultado cuantitativo fue visible, dentro de los principales resultados se obtuvieron:

- a) Curso remedial de la materia Fundamentos de Programación, donde se ofrecieron 2 horas más a la semana para atender las dudas de los temas con mayor índice de reprobación.

- b) Crear la identidad hacia la carrera y la institución, a través de las acciones efectuadas por el departamento psicopedagógico ya que los estudiantes habían elegido esta carrera e institución como segunda o tercera alternativa para realizar estudios profesionales, desertores de otras universidades públicas o particulares o lo percibían como castigo de parte de los padres de familia hacia ellos.
- c) Detección de problemas familiares por parte de la responsable del departamento psicopedagógico, ya que el 76% de los alumnos tenían problemas tales como: familias disfuncionales, separaciones, divorcios, madres solteras, etc..
- d) Poder de convocatoria ya que a las reuniones de la Triada asistieron el 100% de los padres de familia.
- e) El 100% de los padres de familia colaboraron con las acciones de la Triada.
- f) Se canalizaron 6 alumnos al departamento psicopedagógico.
- g) Se canalizaron estudiantes a asesorías académicas: 11 estudiantes a la materia Fundamentos de Programación y 16 alumnos a la asignatura Calculo Diferencial.
- h) Del riesgo que se percibía al inicio del semestre con el 100% de los alumnos de nuevo ingreso de la carrera en Ingeniería en Sistemas Computacionales, con la implementación de la Triada, solo 2 estudiantes manifestaron su decisión de abandonar los estudios y los restantes 15 actualmente continúan sus estudios profesionales en la misma carrera e institución.
- i) De acuerdo a la encuesta aplicada a los estudiantes involucrados: 85% coincidió que a partir de la reunión se observó el cambio.
- j) El porcentaje de reprobación de todas las asignaturas de primer semestre estuvieron por debajo del 51%. Tres de ellas con el 0% de porcentaje de reprobación.

En el transcurso del semestre, existen 3 periodos de seguimiento del avance programático de cada asignatura, donde gráficamente se presenta la evolución favorable que tuvo la implementación de la Triada al disminuir el porcentaje de reprobación en las distintas asignaturas del primer semestre. En la figura 1 se observa que el índice de reprobación era demasiado alto, mientras que las subsiguientes figuras (2 y 3), se puede apreciar la disminución paulatina de los porcentajes de reprobación, debido a las acciones llevadas a cabo por la Triada. Cabe hacer mención que si no se obtenía un porcentaje por debajo del 51%, no se consideraba favorable o exitosa la labor de la Triada ante un inicio de semestre que amenazaba un alto índice de reprobación.

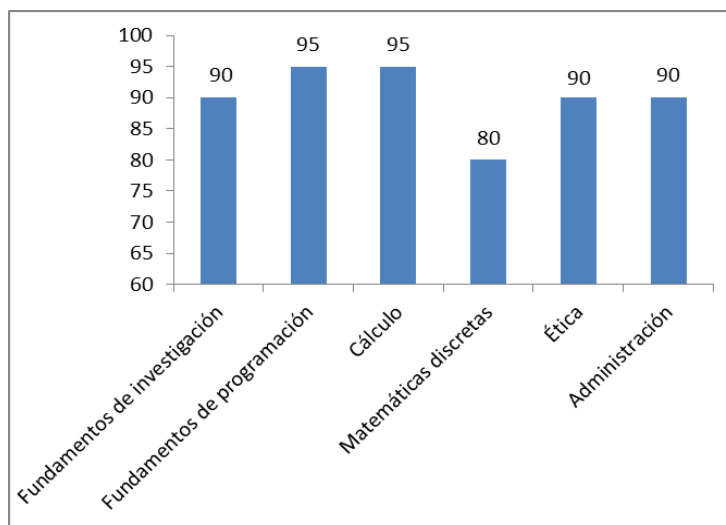


Figura 1. Porcentajes de reprobación por asignatura en el primer seguimiento de avance programático.

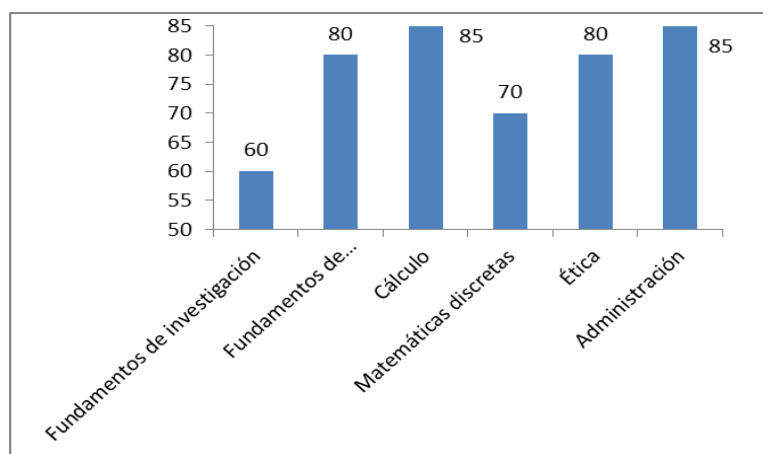


Figura 2. Porcentajes de reprobación por asignatura en el segundo seguimiento de avance programático.

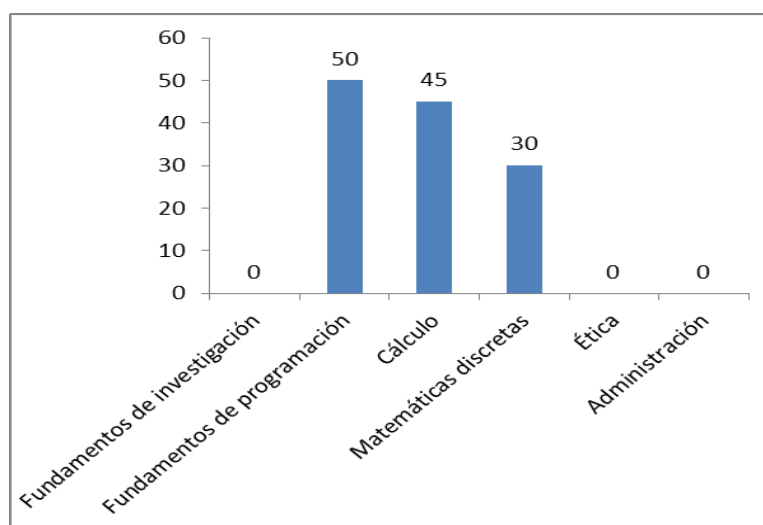


Figura 3. Porcentajes de reprobación por asignatura en el tercer seguimiento y reporte final.

Trabajo a futuro

1. Programar las subsecuentes reuniones de trabajo de la Triada en el siguiente semestre a cursar, para retroalimentar las acciones y tomar decisiones con la finalidad de lograr el compromiso de cero deserción en el primer semestre de la carrera en Ingeniería en Sistemas Computacionales.
2. Seguimiento a través de los tutores académicos de los quince estudiantes que actualmente cursan el segundo semestre de la carrera en Ingeniería en Sistemas Computacionales.
3. Realizar diagnóstico a los estudiantes a través de los tutores. Al inicio del semestre el tutor recopilará información básica (CENEVAL) a los estudiantes de primer semestre de la carrera en Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Orizaba para identificar el estado actual de los mismos. En esta sección debe incluirse el trabajo que falta por realizar.
4. Exponer el caso de éxito a las autoridades del instituto y proponer antes las demás academias la instauración de la Triada para las diferentes carreras del Instituto Tecnológico de Orizaba.

Conclusiones

La acción tutorial no solo recae sobre el tutor académico, sino además, de aquellas acciones necesarias para lograr la permanencia, mejorar el desempeño académico y crear identidad hacia la institución, entre ellas, las asesorías académicas, cursos remediales, orientación del departamento psicopedagógico, y del seguimiento por parte de los padres de familia.

En un principio, por iniciativa del coordinador de tutorías al proponer la creación de la Triada ante el seno de la Academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales, algunos de los profesores no creían en esta propuesta, no obstante, los resultados obtenidos fueron satisfactorios ante el riesgo de incrementar el índice de deserción.

No se logró el 0% de deserción, pero cabe mencionar que solo 2 de 17 estudiantes desertaron, lo que se tradujo en un 11% de deserción.

Los resultados obtenidos se consideran favorables, no obstante, se pueden mejorar a través de la responsabilidad y compromiso de cada uno de los elementos que integran la Triada.

No se requirió de recursos financieros para llevar a cabo las acciones de la Triada, solamente se requirió el recurso tiempo adicional de la jornada de trabajo para adecuar algunas de las actividades.

Se puede concluir que entre más vinculación, comunicación y participación activa exista en los integrantes de la Triada, el rendimiento académico del estudiante aumentará.

Agradecimientos

Esta sección es opcional

Referencias

1. Castaño, G. (s/f). *educar*. Recuperado el 30 de 06 de 2014, de LA ACTIVIDAD DEL PROFESOR: <http://www.educar.org/articulos/LaActividaddelProfesor.asp>
2. Cortés, M. L. (2004). *El papel del docente de educación superior en la sociedad globalizada*. Obtenido de <http://sincronia.cucsh.udg.mx/>
3. Dousdebés, D. M. (2005). *Monografías*. Recuperado el 30 de 06 de 2014, de La Tutoría en Educación Superior: <http://www.monografias.com/trabajos101/tutoria-educacion-superior/tutoriaeducacion-superior.shtml>
4. Lourdes, D. D. (2005). *Monografías*. Recuperado el 30 de 06 de 2014, de La Tutoría en Educación Superior: <http://www.monografias.com/trabajos101/tutoria-educacion-superior/tutoriaeducacion-superior.shtml>
5. S/a. (s.f.). *Rendimiento academico*. Obtenido de <http://definicion.de/rendimiento-academico/>
6. SEP/SNIT. (2013). *Manual del Tutor*. México, D.F.
7. Solano, D. R. (Abril de 2008). *El maestro, su papel en la sociedad y roll que desempeña en el ámbito educativo*. Obtenido de <http://www.monografias.com/>
8. Solernou, M. I. (17 de 04 de 2012). *"La familia y su participación en la universalización de la Educación Superior*. Recuperado el 30 de 06 de 2014, de SCIELO: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412013000100008
9. Tristá, B. (1985). En *"Dirección en los centros de educación superior"*. MES.
10. ZAYAS, F. (s/f). *EL INVOLUCRAMIENTO DE PADRES Y MADRES DE FAMILIA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR*. México: XI Congreso Nacional de Investigación Educativa.

EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS DEL ESTUDIANTE EN EL SERVICIO SOCIAL COMUNITARIO

Aurora del Pilar Fuentes García ^{1*}, Laura Martínez Hernández ², David Meza Rojo ³

¹ Docente del Instituto Tecnológico de Orizaba, Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Ave. Oriente 9 No. 852. C.P. 94320, Orizaba, Ver.

aupifuentesg@hotmail.com

² Docente del Instituto Tecnológico de Orizaba, Departamento de Ingeniería Industrial, Ave. Oriente 9 No. 852. C.P. 94320, Orizaba, Ver.

lau_mtz@yahoo.com.mx

³ Docente en Universidad del Golfo de México Sur. Campus Córdoba

davidmezarajo@hotmail.com

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

El sistema educativo actual basado en competencias permite al estudiante desarrollar habilidades, capacidades, destrezas en los ámbitos académico, social y laboral. El Servicio Social Comunitario, requisito indispensable para todo futuro profesionista en este país, resulta ser una herramienta de gran ayuda para el desarrollo de las competencias sociales que el estudiante deberá poseer como parte complementaria en su formación como persona y profesionista. Un estudiante que realiza su trabajo en una comunidad se enfrenta con él mismo y esto permite su desarrollo. Lo importante de esto es encontrar que existen competencias desarrolladas en Servicio Social que no podrían ser llevadas a cabo en otro ámbito. Conocer el listado lleva a concientizar que se deberá practicar el desarrollo Comunitario preferentemente.

Palabras clave: Competencias, Desarrollo Comunitario.

ABSTRACT:

The current educational system based on skills allows students to develop skills, abilities, skills in academic, social and professional areas. The Community Service, indispensable for any future professional in this country requirement, proves to be a useful tool for the development of social skills that students should have as a complementary part in their formation as a person and professional. A student who does his work in a community is faced with himself and this allows their development. The important thing is to find that there are skills developed in Social Service that could not be carried out in another area. Know the list leads to awareness that practice should be preferably community development.

Introducción:

El Servicio Social de estudiantes tiene por objeto convertir esta prestación en un acto de reciprocidad para con la sociedad a través de los planes y programas del sector público además de contribuir a la formación académica y capacitación profesional.

La prestación del Servicio Social puede realizarse en dependencias públicas, gubernamentales, no gubernamentales, organismos privados que cuenten con programas de asistencia social y desarrollo comunitario.

Los programas de Servicio Social podrán ser de educación para adultos, programas de contingencia, cuidado al medio ambiente y desarrollo sustentable, apoyo a la salud, promotores y/o instructores de actividades culturales, deportivas y cívicas, operación de programas especiales gubernamentales, programas establecidos específicamente por el Instituto Tecnológico que estén relacionados con las acciones antes mencionadas.

El desarrollo de dichas actividades se lleva a cabo mediante una serie de competencias básicas requeridas, existen diversas clasificaciones de competencias entre las que resultan más relevantes para este caso serán las competencias sociales, las cuales hablan de un vínculo con el entorno social, interpretan y comunican información, razonan creativamente y solucionan problemas (Competencias básicas). Además de actuar responsablemente, mostrar deseo de superación y aceptar cambios (competencias personales). Por último garantizan cumplir sus tareas responsablemente (competencias profesionales). Agregadas a estas competencias los estudiantes deberán coordinarse en equipo y saber llevar a cabo el proyecto para el que fueron asignados, socializar de manera oportuna y respetuosa además de comunicarse acertada y respetuosamente para dicha actividad, entendiendo que las competencias se basan en el interés que los estudiantes manifiestan por aprender, lo cual los llevan a interesarse por los problemas sociales y culturales y por contribuir con soluciones a los mismos. Ello propicia que vayan más allá de lo previsto por el docente y el supervisor de servicio social, ya que aplican lo que aprenden, organizan y manifiestan su iniciativa en las actividades por realizar, desarrollando proyectos que llevan al desarrollo potencial de competencias sociales de las cuales son poseedores y a veces éstas no se han visto desarrolladas en su mayor potencial, respondiendo así a las expectativas de los programas de servicio social a su disposición.

METODOLOGÍA:

Los estudiantes fueron conformados en equipo para trabajar en comunidades a fin de llevar a cabo un proyecto que arrojara resultados favorables al objetivo de cada programa.

Fueron asignados a comunidades rurales El Telar, El Progreso, Los Naranjos, Las Camelias, Agua Escondida, Yerbabuena pertenecientes al Municipio de Mariano Escobedo, Ver. Clasificadas en un alto grado de marginación.

Al término del trabajo en campo, los estudiantes presentaron un reporte presentando un recuento de todas las actividades llevadas a cabo y los resultados de las mismas.

De cada reporte se enlistaron las actividades realizadas por comunidad para posteriormente llevar a cabo un análisis pertinente e identificar las competencias desarrolladas.

Fueron tomados como referencia 6 reportes de estudiantes de Servicio Social en programa normal (No Comunitario) asignados a diferentes actividades.

Se enlistaron las actividades realizadas de los prestantes y se realizó el comparativo con los equipos de Desarrollo Comunitario.

RESULTADOS:

En cuanto a los resultados de las actividades arrojadas en cada uno de los seis reportes entregados por los equipos de 5 estudiantes cada uno, se procedió a realizar el registro de las mismas, identificándolas por comunidad.

Posteriormente dichos datos se concentraron para así llevar a cabo la identificación de competencias clasificándolas según su tipo.

ENLISTADO DE ACTIVIDADES REALIZADAS:

EL TELAR	EL PROGRESO	LOS NARANJOS	LAS CAMELIAS	AGUA ESCONDIDA	YERBABUENA
Planeación de actividades	Estructuración de encuestas.	Observación de costumbres de la población	Tarea de sensibilización para cursos de alfabetización	Cronograma de actividades	Entrevista con vecinos del lugar
Entrevista con vecinos del lugar	Aplicación de encuestas.	Reuniones para sensibilización con la población	Impartición de cursos de alfabetización para adultos	Sondeo de localidad	Observación de usos y costumbres
Reuniones informativas	Análisis de resultados.	Capacitación para el trabajo	Aplicación de encuestas	Elaboración de encuestas para detección de necesidades	Sensibilización
Cursos de capacitación para el trabajo.	Reporte de resultados al H. Ayuntamiento			Aplicación de encuestas	Observación de resultados de sensibilización
	Generación de proyectos			Filtrado y procesamiento de información	Entrega de reporte de resultados obtenidos.
				Entrega de resultados a autoridades del lugar.	

Las competencias detectadas en Servicio Social Comunitario dadas las actividades realizadas:

- Trabajo en equipo.
- Cooperación.
- Creatividad.
- Respeto.
- Capacidad de Investigación.
- Compromiso con su medio sociocultural.
- Valoración y respeto por la diversidad
- Capacidad para formular y gestionar proyectos.
- Compromiso ético.

- Capacidad por aplicar conocimientos.
- Interpretación de datos
- Reconocimiento sobre el área de estudio.
- Comunicación oral.
- Habilidad para procesar y analizar información.
- Involucramiento.

CLASIFICACIÓN DE COMPETENCIAS SERVICIO SOCIAL COMUNITARIO:

COMPETENCIAS SOCIALES	COMPETENCIAS PROFESIONALES
-Trabajo en equipo. -Cooperación -Respeto. -Compromiso ético -Valoración y respeto por la diversidad. -Compromiso con su medio sociocultural. -Interpretación de datos. -Reconocimiento sobre el área de estudio -Comunicación oral. -Involucramiento	-Capacidad por aplicar conocimientos. -Capacidad de Investigación. -Creatividad -Habilidad para procesar y analizar la información.

ENLISTADO DE ACTIVIDADES REALIZADAS SERVICIO NO COMUNITARIO:

H. AYUNTAMIENTO DE ORIZABA	DEPARTAMENTO DE ACTIVIDADES EXTRAESCOLARES DEL ITO	PLAN AMBIENTAL INSTITUCION AL DEL ITO	PRIMARIA DIEZ DE MAYO	LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO DEL ITO	PLANTA PURIFICADORA DEL ITO
-Auxiliar del programa de tv en el departamento de comunicación. (Sacar copias, recibir invitados, cargar la cámara, concertar citas	Participación en la banda de guerra (asistir a ensayos, y presentaciones de la banda de guerra)	Clasificación del material de reuso(papel y cartón) Revisión de contenedores de papel en oficinas administrativas.	Mantenimiento a computadoras(Limpieza de teclados,instalación de programas y antivirus)	Auxiliar de Laboratorio. (Revisión y cuidado del equipo del laboratorio)	Cuidado Del material para desinfección de garrafones. Llenado de Garrafones Limpieza de la planta purificadora.

telefónicas)		Auxiliar en simulacros de sismo.			Reparto de garrafrones en oficinas.
--------------	--	----------------------------------	--	--	-------------------------------------

Las competencias observadas en estudiantes de Servicio Social no comunitario:

- Capacidad por aplicar conocimientos.
- Capacidad de Investigación.
- Comunicación Oral.
- Compromiso ético.
- Trabajo en equipo.
- Reconocimiento sobre el área de estudio.

CLASIFICACIÓN DE COMPETENCIAS SERVICIO SOCIAL NO COMUNITARIO:

COMPETENCIAS SOCIALES	COMPETENCIAS PROFESIONALES
<ul style="list-style-type: none"> - Comunicación Oral. - Compromiso ético. - Trabajo en equipo. - Reconocimiento sobre el área de estudio 	<ul style="list-style-type: none"> -Capacidad por aplicar conocimientos. -Capacidad de Investigación.

COMPARATIVO DE COMPETENCIAS SOCIALES DESARROLLADAS EN LOS DOS TIPOS DE SERVICIO SOCIAL.

DESARROLLO COMUNITARIO	NO COMUNITARIO
<ul style="list-style-type: none"> -Trabajo en equipo. -Comunicación oral. -Compromiso ético -Reconocimiento sobre el área de estudio -Cooperación -Respeto. -Valoración y respeto por la diversidad. -Compromiso con su medio sociocultural. -Interpretación de datos. -Involucramiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajo en equipo. - Comunicación Oral. - Compromiso ético. - Reconocimiento sobre el área de estudio.

CONCLUSIONES:

Resulta de gran importancia el fomento y creación de programas de Servicio Social Comunitario para los estudiantes en formación Profesional por el sistema de Competencias Profesionales, dado que la práctica del mismo lleva al estímulo del desarrollo de competencias sociales que no podrán ser alcanzadas en igual magnitud en otras áreas de su quehacer estudiantil.

Los resultados obtenidos arrojan contrastes significativos por medio de la observación y de manera consciente y clara.

Cabe hacer mención que resulta indispensable para el fomento del Desarrollo Comunitario, el auxilio de docentes que supervisen de manera alentadora y fructífera los proyectos y las actividades de los estudiantes.

Las inclemencias del tiempo, las dificultades geográficas, la diversidad de culturas y todos los imprevistos que los jóvenes enfrentan en la comunidad, hacen de su experiencia de servicio social una meta lograda en su formación personal.

REFERENCIAS.

- 1.- Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Carlos, Bautista Lucio Pilar. "Fundamentos de metodología de la investigación", Ed. Mc. Graw Hill, México 2006.
- 2.- Moncada Cerón, Jesus. "Modelo educativo Basado en Competencias" Ed. Trillas. 2011
- 3.- Argudín, Yolanda "Educación Basada en competencias" Ed. Trillas.2009
- 4.- López Peláez, Antonio. "Trabajo social comunitario: afrontando juntos los desafíos del siglo XXI" Alianza Editorial. 2010
- 5.- Lineamiento para la Operación y Acreditación del Servicio Social. Dirección General de Educación Superior Tecnológica. 2009-2010

Gestión de Tutoría: Sistema alineado al Programa Institucional de Tutoría del Tecnológico Nacional de México

J.L.Gutiérrez García¹, A. Cabrera Ramírez²

¹División de Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N Aire Libre, Teziutlán, Pue.

joseluis.gutierrez@itsteziutlan.edu.mx

²Departamento de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Fracción I y II S/N Aire Libre, Teziutlán, Pue.

ariadna.cabrera@itsteziutlan.edu.mx

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

El Manual de Operación de Tutoría emitido por el Tecnológico Nacional de México (TNM) indica que se debe implementar un Programa Institucional de Tutoría (PIT), el cual deberá contemplar 3 etapas durante el periodo escolar: Diagnóstico, Operación y Evaluación. Se desarrolló un sistema informático para la gestión y control de cada una de las etapas, mismo que permite la recopilación de información de diferentes aspectos del estudiante (escolar, médico, social, económico, psicológico) durante la etapa de Diagnóstico. La etapa de Operación, concierne al control del PIT y seguimiento de las actividades de tutoría por parte de los estudiantes. En la Evaluación se conoce el desempeño tanto del tutor como del tutorado así como los tiempos de respuesta de las instancias involucradas. La última etapa sirve de retroalimentación a la primera para el siguiente periodo escolar, convirtiéndose en un ciclo de mejora continua y excelente soporte para la toma de decisiones.

Palabras clave: Tutoría, Sistema de Información

Abstract

The Operation Manual Tutoring issued by the Tecnológico Nacional de México (TNM) indicates to implement an Institutional Tutoring Program (PIT), which will see three stages during the school period: Diagnosis, Operation and Evaluation. A computer system for the management and control was developed for each of the stages, It allows the collection of information on different aspects of student (academic, medical, social, economic, psychological) during the stage of diagnosis, The stage of Operation, concerning the control of the PIT monitoring and mentoring activities by students. In the evaluation, the performance of both the tutor and the tutored is known and response times of the sections involved. The last stage serves as feedback to the first for the next school period, becoming a cycle of continuous improvement and excellent support for decision making.

Introducción

La tutoría, permite que el estudiante obtenga continuamente los conocimientos necesarios para la toma de decisiones en su vida académica y desarrolle a su vez las habilidades, destrezas, actitudes y valores que le resultarán útiles en su vida personal y en sus relaciones sociales [Subsecretaría de Educación Superior, 2013].

La tutoría no es una acción que se desarrolle en forma aislada por el tutor, sino una actividad educativa que ha de realizarse de manera coordinada involucrando a docentes y a la estructura e instancias del Instituto Tecnológico. El tutor no decide por el estudiante, o le indica qué hacer, sino que le ayuda a analizar su situación y le propone elementos de juicio para que el estudiante tome sus propias decisiones.

El Tecnológico Nacional de México (TNM) ha colocado a la tutoría como una actividad estratégica para mejorar el desempeño, no solo académico sino hasta en el plano personal de los estudiantes. Debido a lo anterior, se

ha instruido a los 262 institutos tecnológicos que se encuentran dentro del Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica (SNEST) a implementar un Programa Institucional de Tutoría (PIT). Dicho programa deberá contemplar las tres etapas o momentos que corresponden a Diagnóstico, Operación y Evaluación. Cada una de las etapas son repetitivas y deben ser retroalimentadas semestre con semestre para redirigir las acciones que se consideren necesarias de acuerdo a los resultados arrojados por la etapa de evaluación.

Debido al gran volumen de datos que recogen estas etapas, es casi imposible que un profesor o bien el área encargada de dicho proceso, de manera manual, pueda sacar alguna conclusión útil de tal forma que pueda proporcionar conocimiento relevante para la institución sobre los estudiantes inmersos en este programa pero sobre todo para identificar de manera oportuna ciertos patrones que puedan provocar problemas en el rendimiento académico. Debido a lo anterior, se desarrolló e implementó un sistema de información que recopilara, administrara y analizara todos los datos que se manejan en el PIT y de alguna manera se haga más eficiente el uso de recursos así como el apoyo en la labor de toma de decisiones.

Por medio de la tecnología de desarrollo de software de última generación se puede presentar información en una variedad de formatos y estilos, con fin de lograr un mayor entendimiento de la misma hacia los usuarios y que a su vez su experiencia sea grata y pueda obtener el beneficio que se persigue desde un inicio, sin perder de vista la disponibilidad, confidencialidad e integridad de toda la información depositada en la base de datos.

Metodología

Primeramente se analizó el Manual del Tutor así como el proceso sobre cómo se lleva a cabo la implementación del PIT de manera local. Se encontró que existe una falta de integración de toda la información que se genera de los estudiantes desde los diferentes aspectos de su vida (académica, social, económica, psicológica, médica, entre otras) dado que cada uno de los involucrados la maneja en forma independiente y sólo una única vez para llenar un expediente. Sin embargo, esta información es relevante cuando se presentan situaciones de rendimiento académico dado que muchas veces su origen puede encontrarse relacionado en esta información y que a primera vista puede no resultar fácil de identificar [Caso-Niebla & Hernández Guzmán, 2007]. Se acordó por ambas partes (Departamento de Desarrollo Académico y área de desarrollo de software) sobre la implementación de un sistema de información que ayude en el control del PIT pero que a su vez optimizara los recursos y tiempos de servicio y que además sirviera de soporte para una toma de decisiones posterior.

Una vez que se había definido la puesta en marcha del proyecto de desarrollo, se acordó un cronograma de actividades que abarcaban desde la obtención de requerimientos hasta las demostraciones de avances, pasando por las actividades propias de diseño y desarrollo del sistema desde el punto de vista técnico. La información a manejar así como las personas involucradas en dicho proceso requería la implementación de una estructura de datos que abarcara los aspectos diversos que involucra la tutoría (información sobre las actividades y del estudiante en sí) así como de la operatividad del mismo sistema por cuestiones de configuración y acceso a la información. Si bien lo anterior es suficiente para lograr la operatividad del sistema de información, desde un inicio se tuvo en mente el seguimiento a la información tanto recopilada como generada por el mismo sistema para llevar a cabo un procesamiento y análisis más profundo por medio de técnicas más avanzadas que involucran a la Minería de Datos para la identificación de patrones o bien el descubrimiento de nuevo conocimiento (KDD, por sus siglas en inglés) a través de la implementación de cubos de datos dentro del contexto de los Datawarehouse.

Cuando la parte de análisis y diseño fue adquiriendo mayor consistencia y se estableció una arquitectura base para el sistema en cuestión, el desarrollo de los módulos funcionales para cada una de las etapas del PIT así como las vistas de usuario de los involucrados en cuanto a las funcionalidades requeridas y esquemas de seguridad se llevó a cabo mediante la plataforma tecnológica .NET y empleando como lenguaje de programación C# y SQL Server como manejador de base de datos en su versión 2008. Se buscó en la parte de diseño de interfaz de usuario que ésta fuera lo más amigable e intuitiva posible para que el usuario no tuviera complicaciones en su manipulación, además del hecho de tener la información siempre disponible y visible cuando se requiera por medio de diversas animaciones que facilitan la presentación de la misma. Cabe mencionar que esta fue la tecnología empleada dado que la institución cuenta con el licenciamiento correspondiente para tal efecto.

Las pruebas de funcionalidad así como la implementación piloto se llevaron a cabo bajo la supervisión del Departamento de Desarrollo Académico, el cual es el beneficiario principal y usuario directo de la información generada por el sistema de información (tablas de control, informes diversos, configuración de los parámetros de operación). En este sentido, se hicieron las observaciones y retroalimentación correspondientes para una mejor aceptación e implementación definitiva del sistema y que el flujo de información sea más eficiente hacia las diferentes áreas involucradas a lo largo del periodo escolar.

El proceso anterior se logró bajo un esquema de trabajo soportado por SCRUM. Scrum es un proceso en el que se aplican de manera regular un conjunto de buenas prácticas para trabajar colaborativamente, en equipo, y obtener el mejor resultado posible de un proyecto. Estas prácticas se apoyan unas a otras y su selección tiene origen en un estudio de la manera de trabajar de equipos altamente productivos. Ha sido bien aceptado en el desarrollo de proyectos de manera ágil, con el fin de centrarse más en el desarrollo del proyecto para entregar un proyecto de valor para el cliente que en la creación de un gran repositorio de documentos que se generan conforme se avanza en el desarrollo del sistema de información.

Es importante mencionar que conforme se mantiene en operación el sistema de información se detectan oportunidades de mejora tanto para el proceso de gestión de la tutoría como para el mismo sistema, de tal forma que se mantiene en un ciclo de mejora continua para tener un Programa Institucional de Tutoría completamente administrado y optimizado.

Resultados y discusión

La implementación del sistema permite llevar un control de los tres momentos o etapas que abarca el programa de tutoría:

Diagnóstico. En esta etapa se captura toda la información inicial y que rodea al estudiante desde el punto de vista social, económico, psicológico y médico. Esto con el fin de tener un referente para la coordinación de tutoría en caso de que se presentara alguna situación con el estudiante. Cabe mencionar que después de un ciclo completo del proceso, esta etapa se verá también retroalimentada por la etapa de evaluación en el sentido de la reasignación o cambio del tutor en caso de ser necesario así como la unificación de grupos para la optimización de recursos. Por la parte administrativa del programa, se configuran todos los parámetros de operación iniciales, se lleva a cabo la generación de grupos así como la obtención de los posibles tutores en base a evaluaciones de desempeño del ciclo anterior, la asignación de dichos tutores a los diferentes grupos formados así como la canalización de los estudiantes hacia los grupos definidos previamente. Todo lo anterior se lleva a cabo de manera transparente para el usuario y con la rapidez que permiten las tecnologías de la información.

Operación. Aquí es cuando se va generando información sobre el desempeño académico del estudiante y los tutores pueden acceder a información de materias, horarios, calificaciones, datos personales, etc. Cuando el tutor lo considere, puede canalizar al estudiante para que se le apoye en los diversos ámbitos en los que la institución puede hacerlo. Se generan reportes de manera semiautomática por parte del tutor con respecto al desempeño del grupo de tutorados que tenga a su cargo, donde se establece entre otras cosas, el número de sesiones tanto de manera individual como grupal que ha tenido con los estudiantes, las materias que tienen reprobadas hasta ese momento así como el motivo de reprobación, comentarios tanto del grupo como de manera individualizada para que la coordinación de tutoría tome nota de ello. Por la parte administrativa, se tienen toda la gestión de los grupos, tutorados, tutores para poder realizar los cambios correspondientes en caso de requerirlo así como el seguimiento puntual de cada una de las peticiones que se hayan presentado.

Evaluación. Finalmente y como cierre del proceso en su primer ciclo se lleva a cabo toda la revisión de los trabajos realizados durante el periodo escolar ya sea por parte de los estudiantes sobre las actividades que le ayudan en su desarrollo integral, el tutor por la parte de seguimiento hacia el grupo asignado e inclusive el área de coordinación de las tutorías sobre los tiempos y número de atenciones realizadas. El estudiante evalúa desde su punto de vista el desempeño del tutor que tuvo asignado así como la operatividad del Programa Institucional de Tutoría con el fin de detectar posibles oportunidades de mejora por medio de la retroalimentación por parte del estudiante. Todo lo anterior se refleja en indicadores, ya sea en formato de tabla o bien por medio de gráficas que permiten una mejor interpretación de la información y mucho más rápido. Esta información sirve de retroalimentación a la fase de diagnóstico para el siguiente ciclo con el fin optimizar los

procesos así como la reasignación de recursos en forma semiautomática para tener una mejor organización y brindar un mejor servicio a todas las partes involucradas. Ver figura 1.

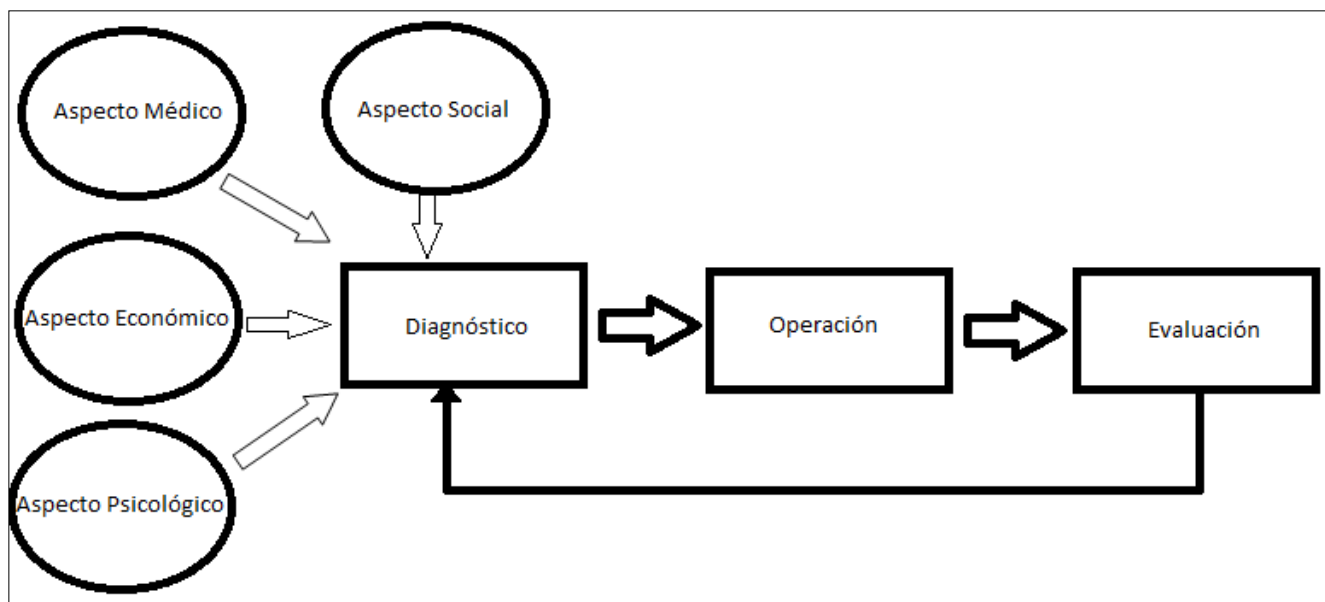


Figura 1. Proceso de Gestión de Tutoría.

De acuerdo a los resultados observados durante la implementación y seguimiento sobre una muestra piloto, se pudieron notar beneficios de manera inmediata: Reducción significativa sobre el tiempo empleado para la realización de actividades iniciales a la operación semestral del PIT, de la misma manera, los tutores pueden generar sus respectivos informes sobre el comportamiento académico de los estudiantes mucho más rápidamente (figura 2). En caso de tener alguna situación que amerite intervención por parte de las diferentes instancias se pueden enviar directamente la petición o comentario en forma electrónica para que el área de responsable de tutorías pueda canalizar la petición o bien atender la situación presentada. Todo el seguimiento del proceso que se genere es monitoreado por el tutor para que en todo momento quede enterado sobre la fase en la que se encuentra su petición. Adicionalmente, se cuenta con un gráfico que permite mostrar el tiempo transcurrido entre el envío de la petición, la aceptación de la misma y canalización hacia el área que corresponda, la atención, seguimiento y terminación de la misma por parte del área designada, con el fin de detectar posibles cuellos de botella en la atención al tutorado y hacer más eficiente el servicio.

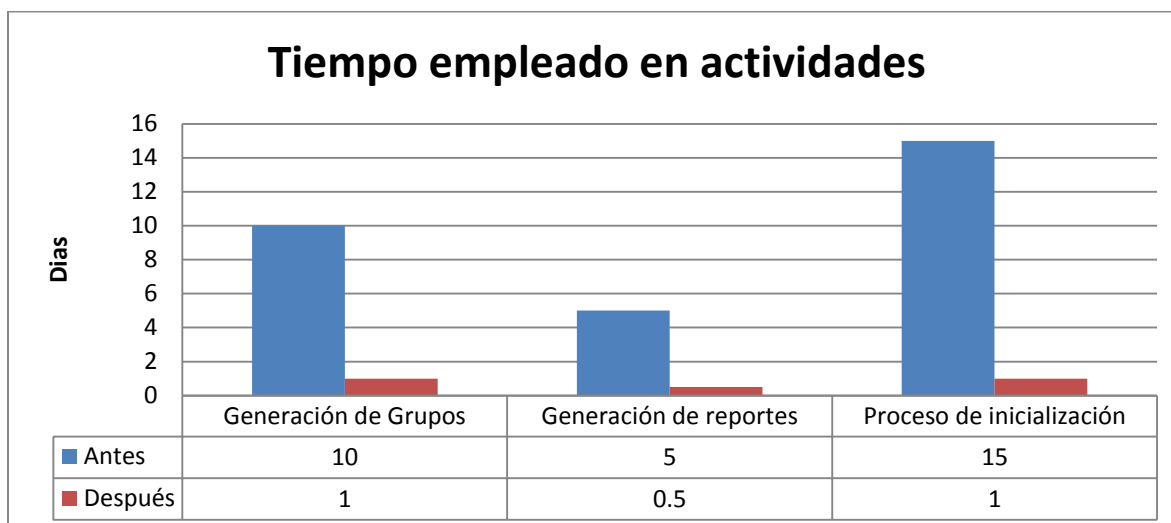


Figura 2. Relación de tiempos empleados antes y después de implementar un sistema de tutoría.

Los tutores pueden acceder de forma inmediata a información relevante desde el punto de vista académico del estudiante a través de un portal, tal como su horario de clase, adeudo de materias, kardex de calificaciones, alguna situación que haya detectado alguna área de apoyo (médico, económico, social, etc) y que se considere que el tutor debería conocer. En la sección de generación de reportes, los tutores pueden observar el comportamiento grupal sobre el resultado de las evaluaciones parciales de las diferentes materias que lleva el tutorado así como el motivo de la reprobación si fuera el caso. Por la parte administrativa, se accede en todo momento a la información de cada uno de los grupos generados, lista de tutores, historial de atenciones entre otras cosas. Esto permite la agilización en el acceso a la información así como la disponibilidad de la misma para poder canalizar la situación al área que corresponda para su oportuna atención. Ver figura 3.

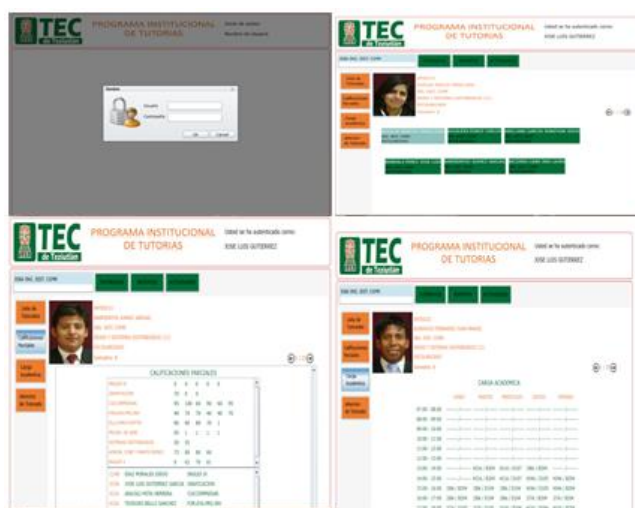


Figura 3. Algunos diseños de interfaz de usuario.

Lo anterior ha permitido mostrar la eficiencia que puede provocar la implementación un sistema de información en la realización de actividades relacionadas con la educación, sin embargo, para dar seguimiento al desarrollo de las diferentes habilidades del estudiante, se establecen actividades que el estudiante debe realizar (según Manual del Tutor) y que a su vez el tutor debe revisar y validar el cumplimiento de dichas actividades. En este sentido, esta herramienta tecnológica permite la validación y verificación por parte del área encargada del programa de tutoría institucional de que se haya concretado de manera satisfactoria por parte de los estudiantes lo establecido desde el inicio del periodo escolar y así fortalecer los buenos hábitos o bien algunos aspectos de manera personal.

Además de la información que se maneja del semestre actual, se puede acceder a información histórica para conocer en un momento dado el comportamiento de un alumno en particular, de un grupo o tutor y con ello poder sacar alguna conclusión rápida en un momento dado. Dado que las estructuras de almacenamiento están pensadas para satisfacer un procesamiento más detallado a futuro de tal forma que se pueda en un momento dado llegar a predecir ciertos comportamientos, identificar patrones, etc., pero eso es parte de los trabajos que realizarán próximamente.

Otro punto a destacar es que el presente sistema forma parte de un ecosistema mayor en cuanto al manejo de la información que se tiene de manera institucional y que enlaza y comparte información común entre las diversas áreas de atención hacia el estudiante como puede ser el consultorio médico, la oficina de orientación educativa, coordinación de becas, el departamento de Ciencias Básicas entre muchas otras y que tienen que ver de una u otra manera con la información que se maneja dentro del contexto de tutoría. He aquí la riqueza de la información proveniente y generada desde diferentes perspectivas de cada estudiante, con el fin de tener un expediente detallado y con ello poder llevar a cabo las actividades que previamente se han mencionado.

Trabajo a futuro

Cabe mencionar que semestre a semestre se genera información la cual se almacena en forma de registros históricos, esta información puede ser tratada con el fin de obtener conocimiento a través de técnicas de minería de datos y que pueden dar respuesta a las siguientes interrogantes:

- ¿Con Minería de Datos aplicada al Programa Institucional de Tutoría se puede obtener un perfil o patrón de estudiantes con tendencia a problemas en el rendimiento académico de manera predictiva?
- ¿Con la implementación de estas técnicas se puede auxiliar en la reducción de índices de reprobación y deserción escolar en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos?
- ¿Se pueden identificar otros patrones o perfiles, por ejemplo alumnos destacados o con habilidades específicas a partir de la Minería de Datos?

Las técnicas de minería de datos ya se han aplicado con éxito en sistemas de comercio electrónico o e-commerce y marketing, para comprender el comportamiento de clientes en línea de sistemas de comercio electrónico y poder incrementar las ventas [Berry & Linoff, 2000], en Bioinformática [Bergeron, 2002], Genética [Friedman, Linial, & Nachman, 2000], Medicina, Astronomía, Ingeniería, etc.

Entender los factores que afectan el rendimiento académico ha sido una labor investigada desde diferentes enfoques (social, pedagógico, psicológico, etc.), sin embargo, esos mismos factores pueden variar entre los diferentes países e inclusive regiones. Motivo por el cual se hace evidente la aplicación y ajuste de un framework integral que coadyuve en la solución de una gran problemática social y que esté alineado al sistema educativo en el cual se está inmerso con el fin de orientar mejor las estrategias para ayudar a los estudiantes con mayores debilidades o incrementar el rendimiento de los otros.

Conclusiones

Como se pudo observar, los sistemas de información pueden ser aplicables en diversas actividades relacionadas con la Educación y que además de agilizar los procesos cotidianos y lograr la reducción de tiempo y recursos tanto materiales como económicos, también son un excelente soporte para la toma de decisiones ya que con la información capturada así como la generada por el mismo sistema se pueden observar puntos de riesgo en el desempeño de los estudiantes como áreas de oportunidad para mejora del servicio en el quehacer operativo del PIT.

Referencias

1. Ahmed Siddiqui, M., & Gemalel-Din, S. (2013). Evaluation of Academic Plans of Study Using Data Mining Techniques. *2013 IEEE 13th International Conference on Advanced Learning Technologies* (págs. 224-228). IEEE Computer Society.
2. Bergeron, B. (2002). *Bioinformatics computing*. New York: Prentice Hall.
3. Berry, M., & Linoff, G. (2000). *Mastering Data mining. The art and science of consumer relationship management*. New York: John Wiley.
4. Caso-Niebla, J., & Hernández Guzmán, L. (2007). Variables que inciden en el rendimiento académico de adolescentes mexicanos. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 487-501.
5. Friedman, N., Linial, M., & Nachman, I. (2000). Using bayesian networks to analyze expression data. *Journal of Computational Biology*, 601-620.

6. Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data Mining. Concepts and Techniques*. Morgan Kaufmann Publishers.
7. Jiménez Galindo, Á., & Álvarez García, h. (2010). *Minería de Datos en la Educación*. Recuperado el 27 de Mayo de 2015, de Universidad Carlos III de Madrid: <https://www.it.uc3m.es/jvillena/irc/practicas/10-11/08mem.pdf>
8. Khan, A. (2013). Study of student's performance using Data Mining model with Excel 2007. *International Journal of Advanced Research in IT and Engineering*, 27-41.
9. Ljubljana, U. o. (2015). *Orange Data Mining*. Recuperado el 26 de Mayo de 2015, de <http://orange.biolab.si/>
10. Moreno, G. (3 de Octubre de 2007). *Técnicas más usadas en la Minería de Datos*. Recuperado el 15 de Mayo de 2015, de <https://gamoreno.wordpress.com/2007/10/03/tecnicas-mas-usadas-en-la-mineria-de-datos/>
11. Orallo, J. H., Ramírez, M. J., & Ramírez, C. F. (2004). *Introducción a la Minería de Datos*. Pearson.
12. Pérez López, C., & Santín González, D. (2007). *Minería de Datos. Técnicas y Herramientas*. Madrid: Thomson.
13. Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. d. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill.
14. Subsecretaría de Educación Superior. (2013). *Manual del Tutor*.
15. Vandamme, J., Meskens, P., & Superby, J. (2007). Predicting Academic Performance by Data Mining. *Education Economics*, 405-419.

Tutorías: un programa de fortalecimiento para alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

M. Sánchez López^{1*}, O. L. Vidal Vázquez², B. A. Reyes Luna³

¹Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Saltillo, Avenida Venustiano Carranza No 2400 Col. Tecnológico, C.P.25280, Saltillo, Coahuila, México

*mary_san_lo@hotmail.com

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

La función tutorial tecnológica está dirigida al acompañamiento del alumno, académico y personal, con el fin de orientarlo a resolver situaciones en su contexto. El objetivo es dar a conocer los elementos primordiales de la acción tutorial en base al programa institucional, formalizado guiado por un profesor tutor en su trayecto de formación integral y desempeño profesional. La metodología utilizada consiste en aplicación de una encuesta a 90 alumnos de Ingeniería en Sistemas Computacionales diseñado para identificar los puntos sobresalientes del proceso y poder comparar los resultados obtenidos del proceso inicial de tutorías a un proceso actual estructurado. Los resultados arrojan información relevante en difusión del programa de tutorías (PIT), identificación de materias, críticas, fortalezas y oportunidades, estrategias de aprendizaje, habilidades de estudio, entre otras. Concluyendo que el PIT cubre aspectos importantes en el desarrollo profesional del alumno, hay factores que limitan el proceso tutorial eficiente de la relación tutorado-Tutor.

Palabras clave: Tutorías, tutores, alumnos, beneficios

Abstract

The technological function tutorial is aimed at accompanying the student, academic and personal, in order to orient to resolve situations in context. The aim is to present the key elements of the tutorial based on institutional program, formalized guided by a tutor in your path integral formation and professional performance. The methodology used is conducting a survey to 90 students of Computer Systems Engineering designed to identify the salient points of the process and to compare the results of the initial process of mentoring to a current structured process. The results show relevant information dissemination program tutorials (PIT), identification of materials, reviews, strengths and opportunities, learning strategies, study skills, among others. Concluding that the PIT covers important aspects in the professional development of students, there are factors that limit the efficient tutorial process-Tutor tutoring relationship.

Keywords: Tutoring, tutors, students, benefits

Introducción

La acción Tutorial surge como una estrategia innovadora en los sistemas de educación superior como es el caso del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, que en conjunto con el modelo educativo basado en competencias, con la finalidad de contribuir a la disminución de los índices de reprobación y deserción, el incremento de la calidad y la competitividad de los programas educativos. A diferencia de los esquemas tradicionales, el proceso de enseñanza-aprendizaje se centra en el alumno en una relación interpersonal docente-alumno, para guiar a éste último en cada una de las experiencias educativas que lo formarán no sólo como un profesional altamente calificado, sino que también, le permitirá contar con los elementos para participar de manera activa, organizada y responsable dentro del entorno social.

La acción tutorial, como proceso de acompañamiento, potencia los valores educativos del sistema ayudando al estudiante a tener un mayor conocimiento del entorno, una racionalización de las opciones académicas, a

prevenir y hacer frente a dificultades que pueden presentarse. El profesor-tutor debe tomar en cuenta tres momentos de transición que sufre el estudiante de educación superior y que requieren atención tutorial; estos son: *incorporación a la universidad, estancia en la universidad y finalización de los estudios*.

1) Incorporación al Sistema de Tecnológicos

La adaptación a situaciones nuevas constituye una fuente de madurez para el estudiante y la incorporación a los estudios superiores proporciona experiencias altamente provechosas para el crecimiento personal: nuevas metodologías, etc. El apoyo tutorial, como proceso de acompañamiento, potencia los valores educativos del sistema ayudando al individuo a tener un mayor conocimiento del entorno, una racionalización de las opciones académicas, a prevenir y hacer frente a dificultades que pueden presentarse.

La función del tutor durante esta etapa consiste en facilitar la incorporación del estudiante a la institución personalizando acciones globales como programas de inducción, orientando sobre los métodos de estudio informando sobre el modelo educativo (enfoque, evaluación, etc.) y el sistema institucional (becas, procedimientos administrativos, reglamentos, etc.), entre otras. Se entiende que esta fase de adaptación finaliza a más tardar el primer semestre o año de estudios universitarios, aunque las circunstancias y las necesidades pueden variar en función del historial académico previo de cada alumno, de su contexto familiar, etc.

2) Estancia en la universidad

Una vez conseguida la adaptación al contexto universitario, los alumnos precisan un apoyo tutorial distinto, ya que tras el primer año los estudiantes se han adaptado a la vida universitaria, se adaptan en las clases, más integrados en la cultura de la carrera y se muestran más participativos de la vida universitaria y del ritmo de trabajo. Una de sus preocupaciones en este momento de transición pasa a ser el rendimiento y el aprendizaje, es una etapa gradual de confianza en sí mismos y mejoran su planificación y organización de su tiempo y de su carga académica. La función del tutor es canalizarlo a programas de becas, movilidad, estadías y orientarlos en sus decisiones que contribuyan a su formación profesional, otro momento es **al finalizar los estudios** cuando el alumno logra una madurez emocional que le permita tomar decisiones certeras en su ámbito profesional.

Fundamentación Teórica:

Origen de la tutoría como función educativa

En sus orígenes, la tutoría académica, entendida como orientación sabia y digna de confianza, es indistinguible de la actividad docente que realizaba un maestro o profesor. La acción tutorial que desarrollan algunas instituciones universitarias no son acciones novedosas del siglo XXI. Siempre ha formado parte de la tarea docente. “En sus orígenes, la universidad medieval buscaba, en coherencia con su tiempo histórico, la transmisión del conocimiento o saber absoluto, el respeto a la verdad y el desarrollo del espíritu de estudio. Como arquetipo de universidad docente, el papel de profesor era guiar, orientar, autorizar la conducta moral, social e intelectual de sus alumnos en la búsqueda del conocimiento, como vía para el crecimiento personal, en un marco de relación personal estrecha” (Romo, 2011)

La tutoría, como lo señala la UNESCO (1998), comprende un conjunto de actividades que propician situaciones de aprendizaje y apoyan el correcto desarrollo del proceso académico, personal y profesional, al orientar y motivar a los estudiantes, para que a su vez avancen y concluyan eficazmente su propio proceso formativo.

Por su parte la ANUIES, (2000) dice que: “La tutoría es un acompañamiento personal y académico a lo largo del proceso formativo para mejorar el rendimiento académico, facilitar que el estudiante solucione sus problemas escolares, desarrolle hábitos de estudio, trabajo, reflexión y convivencia social”.

De acuerdo a Castellanos A. R. citada por Romo (2011), advierte que: La tutoría no debe considerarse un “añadido”, sino un aspecto esencial de la función docente. Los programas destinados a su operación son proactivos y están encaminados al desarrollo de las potencialidades de los estudiantes, ayudándolos a tomar decisiones ante las opciones académicas que van conociendo como profesionales en formación.

La tutoría, contribuye al proceso educativo ya que se enfocan a la interpretación, argumentación y resolución de problemas del contexto externo. A la formación idónea y con compromiso ético en todas las competencias. Lo que permite afrontar retos personales, institucionales y sociales. Enfoque socio formativo (Sergio Tobón y García Fraile, 2008:47)

Por ello la acción tutorial crea y ofrece las condiciones y el ambiente propicios para que el estudiante y el docente, de manera consciente y voluntaria, coadyuven en la construcción de un proyecto de vida propio, en el que además de prever la satisfacción de sus necesidades, participen de manera proactiva, interactiva y responsable en la evolución de la sociedad del conocimiento. La tutoría, como actividad dinámica, permite que el estudiante obtenga continuamente los conocimientos necesarios para la toma de decisiones en su vida

académica y desarrolle a su vez las habilidades, destrezas, actitudes y valores que le resultarán útiles en su vida personal y en sus relaciones sociales.

La tutoría, dentro de sus objetivos, busca reducir los índices de reprobación y deserción, potenciar las competencias del estudiante mediante acciones preventivas y correctivas, así como apoyar al estudiante en el proceso de toma de decisiones relativas a la construcción de su trayectoria formativa, de acuerdo con su vocación, intereses y competencias, mediante la atención personalizada y/o grupal en donde se apoye la formación del tutorado centrada en prácticas metacognitivas, es decir, orientada a que los estudiantes mejoren en forma continua a partir de la propia reflexión sobre su desempeño. (Romo A., 2011). Se muestra a continuación un concentrado de conceptos de tutorías desde la perspectiva de diversos autores.

Tabla 1: Definiciones generales de tutoría universitaria

Alañón (2000)	Tutoría es aquella acción formativa y orientadora que el profesor ejerce con sus alumnos, a la vez y en paralelo con sus tareas instructivas.
Almajano (2002)	La tutoría persigue que el profesor tutor escuche a sus alumnos y a partir de lo que oye pueda ayudarles a ejercer su libertad, sugiriéndole caminos y valorando para cada uno de ellos las ventajas y las dificultades.
Coriat & Sanz (2005)	Mediante la tutoría el profesor tutor facilita al estudiante una ayuda, basada en una relación personalizada, para conseguir sus objetivos académicos, profesionales y personales a través del uso de la totalidad de recursos institucionales y comunitarios.
García et al. (2005)	La tutoría es una actividad formativa realizada por el profesor tutor encaminada al desarrollo integral (intelectual, profesional y humano) de los estudiantes universitarios. Se pretende que los estudiantes vayan adquiriendo no sólo saberes sino además competencias que le permitan autodirigir su proceso de aprendizaje a lo largo de la carrera y durante su ejercicio profesional.
Lázaro (2002)	El tutor es un profesor que atiende personalmente a los alumnos en sus problemas científicos y académicos (de inserción en la comunidad universitaria, por ejemplo), atendiendo a sus problemas de desarrollo personal y profesional (...). El tutor es un garante que acompaña científicamente al estudiante, orientándole y asesorándole.
López & Oliveros (1999)	La función tutorial abarca diversos aspectos entre los que se encuentran la aproximación al saber, la motivación y guía de los aprendizajes para asegurar el dominio del currículo y las competencias del futuro profesional, el trazado de itinerarios formativos coherentes, el despertar la curiosidad por la ciencia y el interés por la actividad investigadora.
Rodríguez Espinar (2004)	La tutoría universitaria se entiende como una acción de intervención formativa destinada al seguimiento académico de los estudiantes, desarrollada por profesores como una actividad docente más, si bien con el apoyo, coordinación y recursos técnicos facilitados por el profesorado especializado o personal técnico.
Villar & Alegre (2004)	El profesor como tutor será un acompañante en el proceso de enseñanza-aprendizaje y un facilitador del logro de capacidades, será quien estimule y proponga aprendizajes autónomos, mientras que asesorará en la selección de materiales y fuentes, organizará situaciones de aprendizajes, etc.
Zabalza (2003)	Los profesores son formadores y ejercen esa tutoría (una especie de acompañamiento y guía del proceso de formación) del alumnado. La tutoría adquiere así un contenido similar al de <i>función orientadora</i> o <i>función formativa</i> de la actuación de los profesores.

Se consideran las siguientes modalidades de tutoría:

1) Tutoría individual.

La tutoría individual es una situación en la que se establece una relación personalizada entre tutor y estudiante sobre cuestiones académicas individuales, de su situación personal, social o profesional. Se da una interacción, verbal y no verbal. (Universidad Politécnica de Cartagena, 2009)

2) Tutoría grupal.

La tutoría grupal es el proceso de acompañamiento de un grupo de estudiantes con la finalidad de abrir un espacio de comunicación, conversación y orientación grupal, donde los estudiantes tengan la posibilidad de revisar y discutir, junto con su tutor, temas que sean de su interés, inquietud, preocupación, así como también para mejorar el rendimiento académico, solucionar problemas escolares, desarrollar hábitos de estudio, reflexión y convivencia social (De Serranos Olivas, 1989).

La tutoría grupal se orienta a los tutorados hacia lo que el estudiante va a ser capaz de conocer (área cognitiva), va a ser capaz de hacer (habilidades y destrezas) y va a ser capaz de ser (actitudes y responsabilidades), (Romo A.,2011), donde los estudiantes tengan la posibilidad de revisar y discutir, junto con su tutor, temas que sean de su interés, inquietud, preocupación, así como también para mejorar el rendimiento académico, solucionar problemas escolares, desarrollar hábitos de estudio, reflexión y convivencia social (De Serranos Olivas,1989).

3) Tutoría con padres de familia.

Se busca que los padres identifiquen al tutor del grupo al cual pertenece su hijo, con la finalidad de fortalecer y vincular los esfuerzos en la formación integral del estudiante durante su estancia en el instituto, se busca mantenerle informado del conjunto de acciones coordinadas que se ofrecen en el tecnológico entre las autoridades y los docentes. Enseguida se muestra un concentrado de los actores involucrados en dicho proceso.

Tabla 1. Actores principales del proceso de tutorías.

Alumnos tutorados	Gestores académicos	Perfil del tutor	Funciones del tutor	Herramientas para tutorías
-Alumno activo -Disponibilidad -Comprometido - Responsabilidad -Disposición	-Departamento de desarrollo académico -Coordinador institucional -Jefe de departamento -Coordinador del departamento -Tutores	-Cualidades humanas Empatía Madurez Responsabilidad -Cualidades científicas Conocimientos en varias áreas -Cualidades técnicas Destrezas y habilidades	-Elaboración y desarrollo del PAT -Reunión de inducción -Organización -Asesor -Diagnostica -Canaliza -Apoyo complementario -Coordina	-Línea de vida -Cuestionario hábitos de estudio -Análisis FODA -Cuestionario detección niveles autoestima -Cuestionario detección niveles asertividad -Observación

En este trabajo se hace un análisis de la implementación del PIT, caso exclusivo del ITS, donde el programa inicio desde el 2006 con un grupo de profesores capacitados por ANUIES, en 2007 se implementa el programa , con serie de deficiencias y carencias de servicios de apoyo a los estudiantes, fortaleciendo el programa y capacitando a más profesores, en el 2010 se inicia el nuevo modelo educativo basado en competencias en las diferentes carreras ,en 2014 hubo una reestructuración del PIT , se da conocer el manual del tutor, herramienta de apoyo para el tutor y el cuaderno de trabajo para el estudiante, describiendo en dicho manual el contexto del tutor, del tutorado y una serie de estrategias y herramientas para la comunicación e interacción de tutor-tutorado y el reporte de evidencias del tutor.

En esta investigación exploratoria se propone hacer un análisis para identificar los factores relevantes que nos aporten elementos para poder determinar las fortalezas y debilidades del PIT con el fin de buscar alternativas viables para fortalecer el programa

Metodología

En base a los cambios que se realizaron en el nuevo proceso de seguimiento a alumnos tutorados se trabajó con una Investigación de tipo Exploratoria con la finalidad de indagar la situación que prevalece en este proceso de tutorías, dicha investigación se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de Saltillo (ITS) del departamento de sistemas computacionales con los alumnos de primer ingreso que corresponde a los semestre de agosto -diciembre 2014 y enero-junio de 2015. A continuación se muestran cifras del número de alumnos que ingresan a la carrera de Ing. En Sistemas Computacionales en los semestres citados:

	Semestre Agosto-Dic 2014	Semestre Enero-Junio 2015
Alumnos aceptados	120	44
Alumnos asignados a tutorías	100	42

Alumnos atendidos 49 28
 Número total de la población 164 Número total de la muestra = 77

El instrumento que se diseñó corresponde a un cuestionario de 13 reactivos aplicado a los tutorados atendidos en el PIT con la finalidad de investigar la aplicación del programa estructurado de tutorías dirigidos a los alumnos de nuevo ingreso. A continuación se muestran los reactivos del instrumento aplicado.

1 - *¿En qué forma se difunde el programa de tutoría en el ITS?*

- a) Docentes
- b) Tutores
- c) Trípticos
- d) Posters
- e) Vía electrónica

2 - *¿Por qué medio te enteraste quien es tu tutor?*

- a) Coordinador de Tutorías del Departamento Académico
- b) Tutor
- c) Compañeros
- d) Docentes

3 - *Menciona en cuales asignaturas recibiste tutoría*

- a) Calculo diferencial
- b) Fundamentos de programación
- c) Taller de ética
- d) Matemáticas discretas
- e) Taller de administración
- f) Fundamento de investigación
- g) Contabilidad financiera

4 - *Enuncia que necesidades académicas, administrativas y personales identificaste para requerir la atención tutorial*

- a) Inadaptación al medio académico
- b) Dificultades en el aprendizaje
- c) Toma de decisiones académicas
- d) Desconocimiento de trámites y procedimientos su situación escolar
- e) Problemática personal y familiar
- f) Opción vocacional inadecuada
- f) Falta de hábitos de estudio
- g) Deficiencia en habilidades básicas de estudio
- h) Falta de habilidades de estudio
- i) Escasos recursos económicos
- j) Falta del dominio Ingles

5 - *¿Cuáles son tus fortalezas y oportunidades que analizaste conjuntamente con tu tutor?*

- a) Desarrollo emocional, físico y cognitivo adecuado
- b) Capacidad de abstracción reflexiva
- c) Capacidad para establecer inferencias lógicas
- d) Capacidad para establecer relaciones sociales

6 - *Menciona en que actividades de la atención tutorial participas activamente*

- a) Definir con el tutor la modalidad de tutoría (individual grupal)
- b) Asistir permanente y puntualmente en los horarios establecidos a recibir la tutoría
- c) Establecer acuerdos y compromisos
- d) Retroalimenta con la información que le sea requerida y con propuestas para fines de evaluación de la acción tutorial y del programa
- e) Participa en el seguimiento académico que realiza el tutor
- f) Asistir a las actividades complementarias

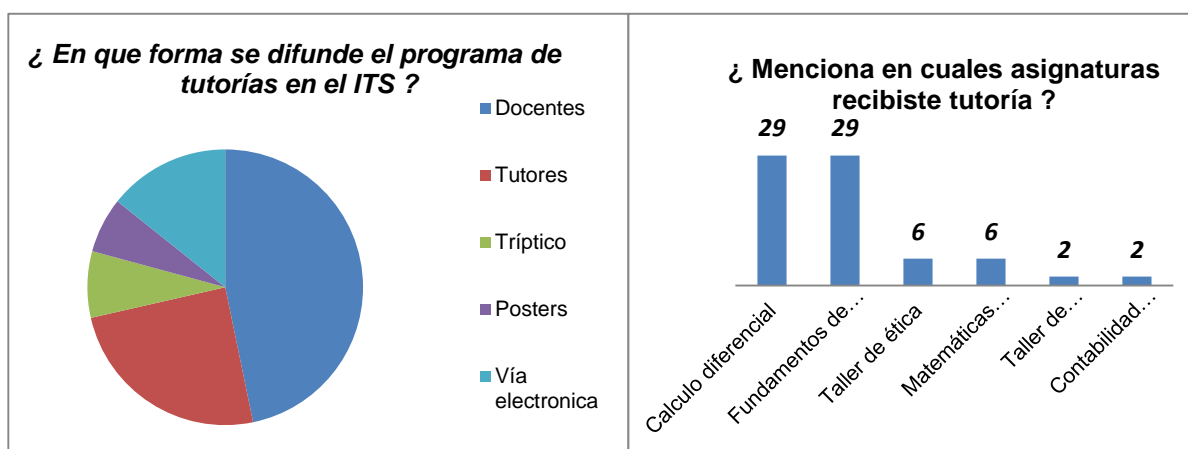
7 - *Señala que competencias desarrollas al asistir a la atención tutorial*

- a) Habilidades básicas del pensamiento: comunicación verbal
- b) Habilidad para expresar ideas y pensamientos por escrito
- c) Habilidades básicas del pensamiento: lógico y matemático
- d) Habilidades básicas del pensamiento: habilidad de lectura

- 8 - ¿Que técnicas, habilidades de estudio y estrategias de aprendizaje adquieres a través de la atención tutorial?
- a) Mapa mental y mapa conceptual
 - b) Esquema (cuadro sinóptico)
 - c) Cuadro comparativo
 - d) Resumen y ensayo académico
- 9 - ¿A qué acciones complementarias del programa de tutoría asistes?
- a) Estilos de vida saludable
 - b) Prevención de adicciones
 - c) Cursos diversos como: Autoestima,, Lectura, Liderazgo.
- 10 - ¿Cómo está impactando tu asistencia y compromiso al programa de tutoría del ITS?
- a) Rendimiento académico del grupo
 - b) Efectos o logros a corto, mediano y largo plazo
 - c) Resultados de las evaluaciones parciales y finales
 - d) Resultado de las asignaturas cursadas con anterioridad
 - e) Avance académico
- 11 - ¿Que dificultades encuentras para participar en el programa de tutoría?
- a) Participación nula de los estudiantes en el programa
 - b) Participación nula de los Tutores en el programa
 - c) Periodicidad de la evaluación del programa
 - d) Funcionalidad de la coordinación (organización académica y escolar)
- 12 - Anota a que instancia institucional interna o externa de apoyo a la acción tutorial fuiste canalizado para recibir orientación
- a) Departamento de Desarrollo Académico
 - b) Centro de Información
 - c) Departamento de Gestión Tecnológica y Vinculación
 - d) Departamento de Actividades Extraescolares
 - e) Servicios de salud
 - f) Servicios de psicológicos

Resultados y discusión

De acuerdo a la recolección y tratamiento de los datos se muestran los resultados obtenidos con el instrumento aplicado utilizando una muestra de 77 estudiantes tutorados atendidos por el PIT. Se Observa hay una tendencia a asistir a tutorías por diversos motivos: por la difusión del programa, por necesidades académicas, sociales, problemas de aprendizaje etc.

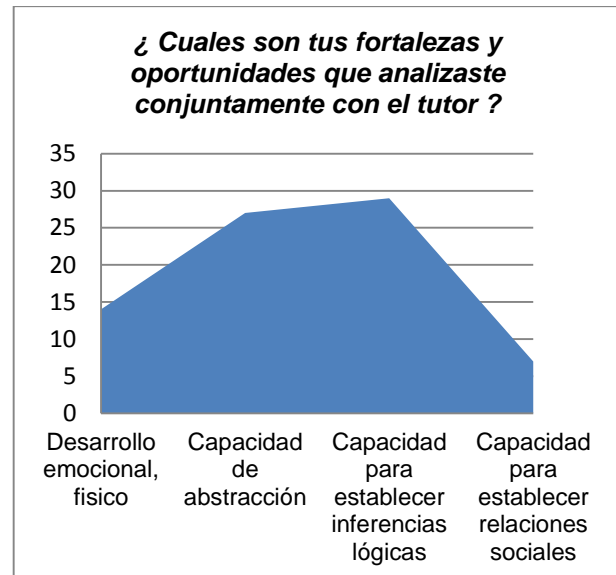


Grafica 1. Difusion del programa.

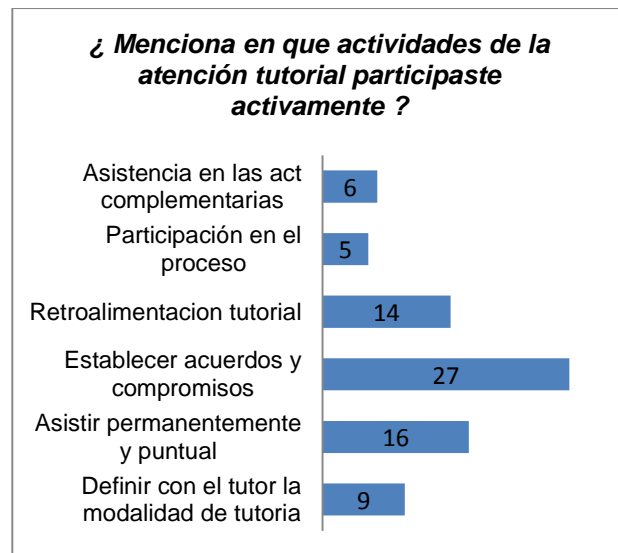
Grafica 2. Asignaturas solicitadas en tutorias.



Grafica 3. Necesidades académicas.



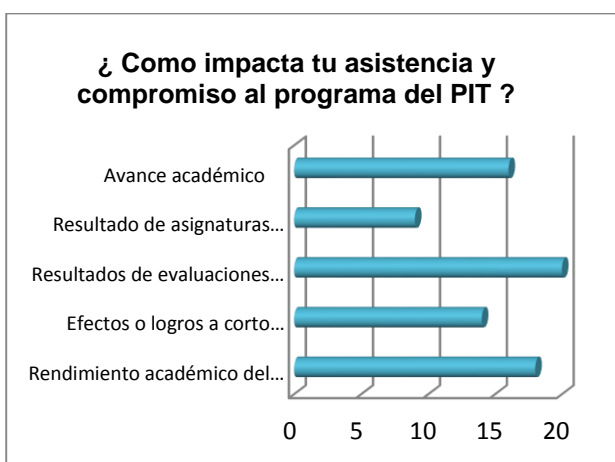
Grafica 4. Fortalezas y oportunidades.



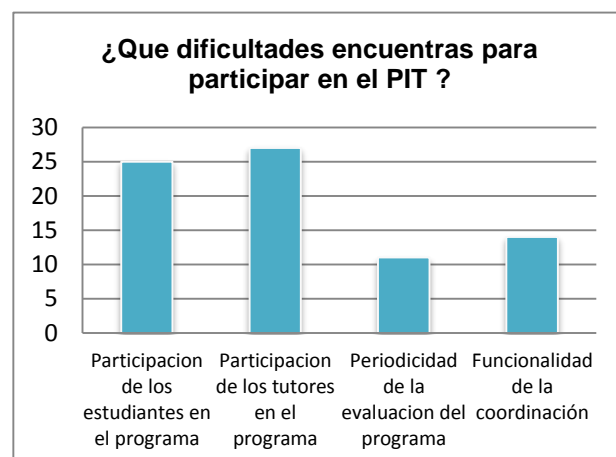
Grafica 5. Actividades tutoriales.



Grafica 6. Competencias desarrolladas.



Grafica 7. Impacto del PIT



Grafica 8. Dificultades para participar PIT

Trabajo a futuro

Darle continuidad al programa realizando un seguimiento muy de cerca, en específico realizar una investigación sobre índice de deserción y reprobación de los participantes del programa de tutorías considerando que este es uno de los objetivos primordiales de este programa.

Conclusiones

Haciendo una reflexión acerca del trabajo presentado, nos percatamos que el PIT es un programa muy ambicioso, cuando sea aplicado adecuadamente por todos los actores que intervienen en el proceso. Se hace referencia que el programa una vez implementado es necesario tomar medidas de compromiso y responsabilidad del personal administrativo que requiere mayor difusión de la importancia del programa y dar un seguimiento muy de cerca a todos los estudiantes, se asigna solo a los alumnos del primer semestre cuando es necesario al ingreso, intermedio y al final (egreso) para dar continuidad a la formación integral del estudiante. Esta investigación requiere de un análisis de la información y tomar las medidas necesarias para establecer acuerdos y compromisos, para el desarrollo de habilidades tales como comunicación verbal, lógico matemático, distribución del tiempo, estrategias de aprendizaje, métodos de estudio, entre otras.

Se requiere infraestructura para atender a los alumnos con necesidades específicas tales como académicas, personales, familiares, económicas, sociales, el PIT se implementa con los recursos propios de cada Instituto, sin embargo tales recursos no son suficientes para el número de alumnos adscritos al programa, por otro lado la dedicación de otorgar una tutoría personalizada y de calidad, requiere tiempo por parte de los tutores que están comprometidos con múltiples actividades académicas, administrativas e institucionales. Los tutores generan reportes como evidencia de la acción tutorial, los cuales son exhaustivos registrando 10 o más sesiones y no todos los estudiantes toman el proceso con formalidad, donde cada uno tiene preferencias y necesidades según su contexto. El programa no ha generado los resultados esperados porque requiere el compromiso de todos los involucrados en el proceso.

Referencias

1. Alañón, M^a Teresa (2000). *Un modelo de acción tutorial en la Universidad Politécnica de Madrid*. Madrid: Rugarte.
2. Almajano, M^a P. (2002). "Experiencias previas de tutoría". En Moisés Coriat (Ed.),
3. ANUIES, (2001) *La Educación Superior en el Siglo XXI; Líneas estratégicas de desarrollo, Una propuesta de ANUIES*
4. DGEST, México (2007) *Programa Nacional de Tutorías*
5. García, N. Inmaculada Asencio, R. Carballo, M. García & S. Guardado (2005). "La tutoría universitaria ante el proceso de armonización europea". *Revista de Educación*, 337, 189-210.
 - a. *Jornadas sobre tutorías y orientación*. Granada: Editorial Universidad de Granada, 223-236.
6. Lázaro, Ángel (2002). "La acción tutorial de la función docente universitaria". En V. Álvarez Rojo & Ángel Lázaro (coords.), *Calidad de las universidades y orientación universitaria*. Málaga: Ediciones Aljibe, 249-282
7. López, Eloisa & Laura Oliveros (1999). "La Tutoría y la Orientación en la Universidad". REOP, Octaedro-ICE.
8. Rodríguez Espinar, Sebastián (coord.) (2004). "Manual de Tutoría Universitaria Barcelona": Superior. Madrid: McGraw Hill.
9. UNESCO (1998). Declaración Mundial sobre la Educación Superior en el Siglo XXI: Visión y Acción.
10. Villar, J. M. & Olga Alegre (2004). "Manual para la excelencia en la enseñanza".
11. Zabalza, M: (2003). *Competencias docentes del profesorado universitario: calidad y desarrollo profesional*. Madrid: Narcea.

Impacto en el aprendizaje de los alumnos de Bachillerato utilizando técnicas colaborativas.

David Meza Rojo^{1*}, Laura Martínez Hernández², Aurora del Pilar Fuentes García³.

¹ Docente de la Universidad del Golfo de México, Rectoría Sur Campus Córdoba, Calle 22 No. 1502. Fracc. Nuevo Córdoba, C.P. Córdoba, Ver.

davidmezarajo@hotmail.com

² Docente del Instituto Tecnológico de Orizaba, Departamento de Ingeniería Industrial, Ave. Oriente 9 No. 852. C.P. 94320, Orizaba, Ver.

lau_mtz@yahoo.com.mx

³ Docente del Instituto Tecnológico de Orizaba, Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, Ave. Oriente 9 No. 852. C.P. 94320, Orizaba, Ver.

aupifuentesg@hotmail.com

Área de participación: Investigación Educativa.

Resumen

El presente artículo, ofrece una síntesis de los resultados más destacados del proyecto de investigación con el que se ha analizado la relación entre uso de técnicas colaborativas y el impacto en el aprendizaje, en la educación media superior; para lo cual, se aplicaron técnicas de trabajo colaborativo y entrevistas a los alumnos del Segundo Semestre Grupo 201 del nivel bachillerato, en el "Centro Educativo Jean Piaget" de la ciudad de Córdoba, Veracruz; de esta manera se obtuvieron los datos suficientes y se determinó el impacto en el aprendizaje de las técnicas colaborativas en la educación media superior del grupo bajo estudio, cuyas edades oscilan entre los 15 y 16 años.

Palabras clave: Aprendizaje, Educación, Técnicas Colaborativas.

Abstract

This article offers a summary of the more notable results of the research project with the it has been claimed analyze the relationship between the use of collaborative techniques and impact on learning in the high school level. For which, collaborative work techniques and interviews with the students of the Second Semester group 201, high school level, in the "Centro Educativo Jean Piaget " of the city of Córdoba, Veracruz; thus obtained sufficient data and impact on collaborative learning techniques in high school education in this group specifically, whose ages ranged from 15 to 16 years.

Introducción

El sistema educativo nacional es, sin duda, una de las principales estructuras sociales, que promueve la labor educativa, la cual se encuentra inmersa en un proceso constante de cambios y transformaciones debido, precisamente, al desarrollo e implementación de nuevas técnicas y estrategias de enseñanza.

El empleo de estas técnicas y estrategias, hace que se establezcan nuevas formas de relacionarse entre los actores educativos, en las que definitivamente las técnicas del trabajo colaborativo y su impacto en el aprendizaje no están ajenas al quehacer educativo; en este contexto, es deber del docente reafirmar y reforzar los conocimientos de la educación tomando en cuenta las mencionadas técnicas, enfocando la enseñanza y aprendizaje a la formación integral del educando.

En la actualidad, el contexto educativo tiene características diferentes; demanda el uso de estrategias innovadoras a las que se han utilizado tradicionalmente. El principal cambio de la educación se ha centrado en un modelo de aprendizaje en donde se han modificado los roles de los actores; tanto del profesor como del alumno; en donde éste se convierte en un participante activo, administrador e investigador de su propio

conocimiento; por otro lado el profesor, toma un papel de facilitador y aún más su participación se convierte en un generador del ambiente propicio para que se dé el aprendizaje.

Este paradigma educativo conduce al estudiante al desarrollo de la autonomía, tanto del pensamiento crítico, como de las actitudes colaborativas y sociales, así como la capacidad de poder autoevaluarse.

A menudo los términos colaboración, trabajo en grupo y aprendizaje colaborativo se utilizan de manera indistinta, sin embargo, a pesar de tener ciertas coincidencias, tienen diferencias en cuanto a su definición. El aprendizaje colaborativo se define como las situaciones en las que la elaboración, interpretación, explicación y argumentación forman parte integral de la actividad del grupo, y en las que el aprendizaje recibe el apoyo de otros individuos (Woolfolk, 2010).

El aprendizaje colaborativo, es otro de los postulados constructivistas que parte de concebir a la educación como proceso de socio construcción que permite conocer las diferentes perspectivas para abordar un determinado problema, desarrollar tolerancia en torno a la diversidad y pericia para reelaborar una alternativa conjunta (Calzadilla, s.f).

Aunado a esto, se considera que las técnicas de trabajo colaborativo representan una de las estrategias en donde se pueden aprovechar e involucrar las tecnologías de la información y comunicación (TIC's), es por ello que se integran dichas técnicas en la materia Informática II del segundo semestre de bachillerato del grupo 201 cuyas edades oscilan entre los 15 y 16 años de edad.

Este es el resumen de la investigación; la cual tuvo como objetivo general el analizar el uso de las técnicas de trabajo colaborativo, específicamente se busca comparar el impacto en el aprendizaje de los alumnos al emplearlas, en el desarrollo de sus actividades en clase y extra clase, en relación con sus datos socio-demográficos, su formación educativa, sus conocimientos y estrategias; para el aprovechamiento del trabajo colaborativo.

Se buscó ratificar lo señalado por Felder y Brent (1994) respecto a que la investigación y la evidencia confirman la efectividad del aprendizaje colaborativo ya que independientemente de los objetivos establecidos, esta estrategia ha mostrado ser más efectiva que el enfoque tradicional de educación. Específicamente se buscará corroborar lo que afirman Johnson, Johnson y Smith (1991) con relación a que el aprendizaje colaborativo apoya a estudiantes débiles que se pueden dar por vencidos fácilmente cuando trabajan de manera individual.

Así mismo puede beneficiar a los estudiantes fuertes al enfrentarlos en el reto de explicar el material de estudio a otros compañeros, en este proceso pueden encontrar vacíos en su propio conocimiento que les permita complementar y fortalecer su aprendizaje.

Para cumplir con el objetivo de la investigación, se realizó el experimento. Específicamente el diseño experimental seleccionado fue el de grupo de control sólo posterior a la prueba. La razón por la que se selecciona este diseño es porque el estudio es exploratorio, por lo que se busca evidenciar de una forma no concluyente el impacto del trabajo colaborativo en el aprendizaje de los alumnos. Dicho método presenta ventajas de tiempo y costo.

Metodología

Para lograr el objetivo de la investigación, los sujetos de estudio fueron los alumnos del segundo semestre de bachillerato de la materia Informática II grupo 201 del "Centro Educativo Jean Piaget" de la ciudad de Córdoba, Veracruz, en el período comprendido de Febrero a Junio de 2015, a quienes se les aplicó encuestas, entrevistas y se llevó a cabo observación del grupo, de esta forma, se recopiló la información necesaria sobre el impacto pedagógico de las técnicas colaborativas.

Es importante señalar que, el diccionario de la Real Academia Española en su versión electrónica del contenido de la 22.^a edición y las enmiendas incorporadas hasta 2012. define Impacto como "huella o señal que deja" y pedagógico como "Se dice lo expuesto con claridad que sirve para educar o enseñar" dichas definiciones permiten acuñar el término impacto pedagógico, como todas aquellas acciones que se desarrollen en el proceso

aprendizaje-enseñanza que permiten dejar huella o tengan un impacto en el aprendizaje del estudiante y esto se logra aplicando herramientas o recursos didácticos innovadores o cambiantes día a día.

Las técnicas de trabajo colaborativo sujetas de estudio en la presente investigación fueron las siguientes:

1. Trabajo en parejas.
Se lleva a cabo al comparar, revisar el trabajo realizado con un compañero, discutir en parejas, entrevistas, y con la creación conjunta de material.
2. Lluvia de ideas.
Esta estrategia es utilizada en el grupo, motivando a cada miembro a aportar sus ideas, sugerencias o soluciones a un problema. La intención es generar de forma espontánea una gran cantidad de ideas, incluso absurdas o exageradas, con ello lograr visualizar la solución desde diversas posturas.
3. Rueda de ideas.
Permite organizar en pequeños grupos, en los que cada miembro del grupo aporta ideas, sugerencias o soluciones a un problema propuesto por el profesor. Posteriormente cuando el grupo concreto sus ideas, se seleccionan las cinco ideas más aportadas.
4. Valoración de decisiones.
Se organizan varios grupos, a los que se les entregan instrucciones generales y especiales a cada grupo, se les entrega la matriz de valoración y se determinan las conclusiones en cuanto a las actitudes en las tomas de decisiones. Los objetivos primordiales son: analizar la toma de decisiones con actitudes optimistas y pesimistas, y evaluar las conductas de los individuos y la forma de actuar en las decisiones.
5. Debate y foro.
Se desarrolla una discusión abierta de carácter formal en el grupo con la intervención del docente como moderador, iniciado el debate y aportando conclusiones. Estas técnicas permiten fomentar el intercambio de opiniones e información, contrastando los puntos de vista, motivando a los alumnos la defensa de sus aportaciones; ejercitando con ello las habilidades de análisis y comunicación, lo que permite la construcción colaborativa del conocimiento a través de la negociación social.
6. Pequeños grupos de discusión.
El docente propone la discusión crítica de un tema desde diferentes perspectivas, en pequeños grupos, cada uno de los mismos debe aportar sus conclusiones o resultados en un informe a todos los integrantes del salón.
7. Trabajo por proyectos.
Los proyectos son un reto para la interdisciplinaridad, debido a que se conforman de un problema o situación propuesta, que dirige y organiza las actividades de aprendizaje, produciendo por etapas resultados, que de forma acumulativa dan lugar a un producto final, con relación a la cuestión planteada.

La metodología empleada se esquematiza en la siguiente figura:

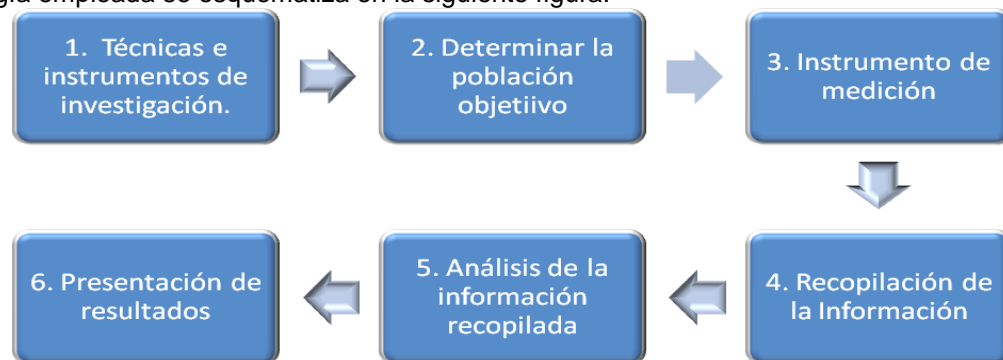


Figura 1. Metodología

El proceso que se siguió fue el siguiente:

1. Técnicas e instrumentos de investigación.

En la selección de los instrumentos de medición para la operatividad del trabajo se utilizaron como herramientas el cuestionario, la entrevista, grupo focal y la observación de los participantes, para responder al objetivo del estudio.

a) Cuestionario:

Con respecto a este instrumento de trabajo se consideraron aportes de Junker (2000), el cual comenta que éste es un medio útil y eficaz para recoger información en un tiempo relativamente breve y que presenta la ventaja de requerir relativamente poco tiempo para reunir información sobre grupos numerosos, debido a que el sujeto que responde, proporciona por escrito información sobre sí mismo o sobre un tema dado, de igual manera tiene algunas ventajas de aplicación, es decir, requiere de un menor esfuerzo por parte de los encuestados y se limitan las respuestas de la muestra, así es más fácil de llenar y mantiene al sujeto en el tema, es relativamente objetivo, es fácil de clasificar y analizar; además es tan breve como sea posible y sólo lo bastante extenso para obtener los datos esenciales, por responder al paradigma y al modelo de investigación etnográfica, se optó por este instrumento ya que su contenido recabado es de fácil clasificación o interpretación.

b) Entrevista:

Esta técnica constituye una fuente de significado y complemento para el proceso de observación, gracias a la entrevista se puede describir e interpretar aspectos de la realidad que no son directamente observables: sentimientos, impresiones, emociones, intenciones o pensamientos.

c) Grupo focal:

Con esta técnica se complementa la intencionalidad de la investigación, las razones de su selección es porque detalla las características propias de la misma, es "focal" porque mantiene su atención e interés en un tema específico de estudio e investigación que le es propio, por estar cercano a su pensar y sentir; y es colectivo, de discusión, porque realiza su principal trabajo de búsqueda por medio de la interacción discursiva y la contrastación de las opiniones de sus miembros.

d) Observación participante:

Esta es una técnica de observación utilizada en las ciencias sociales, en donde el investigador comparte con los investigados su contexto, experiencia y vida cotidiana. Denota la importancia de involucrarse en el grupo, participar en diferentes espacios donde se perciba el sentido de lo que se pretende investigar, donde pueda fluir lo cotidiano al expresarse de manera espontánea.

2. Determinar la población objetivo.

Considerando que la población (número de alumnos) es finita y pequeña (24 elementos: 14 alumnas y 10 alumnos); y los recursos disponibles lo permiten, se optó por aplicar un censo en lugar de una muestra.

3. Instrumento de medición.

Se empleó un cuestionario de quince preguntas: diez cerradas, cuatro de opción múltiple y una abierta, así como una pequeña entrevista para conocer el sentir.

Este instrumento de medición, fue diseñado de forma tal, que permitiera conocer el impacto pedagógico en la formación de alumnos que tienen las técnicas colaborativas, es decir, la respuesta que han tenido en su aprendizaje, en suma la relación que guardan las técnicas colaborativas, con el proceso de enseñanza-aprendizaje.

4. Recopilación de la información.

Para medir y corroborar los resultados de la recopilación de la información, se realizó un seguimiento del comportamiento de cada alumno al que se le aplicó el instrumento de medición.

5. Análisis de la información recopilada.

Una vez que se tuvieron todas las encuestas, se procedió a su análisis para determinar el grado del impacto que tienen las técnicas colaborativas en el aprendizaje.

En la realización de dicho análisis se empleó una hoja de cálculo para reunir los resultados en tablas y gráficas.

6. Presentación de resultados.

Con el análisis de la información se presentan los resultados en tablas y gráficas para facilitar la interpretación de la información de la presente investigación.

Resultados y discusión.

Después del trabajo y la investigación realizados, en el cual se utilizan las técnicas e instrumentos de investigación previamente descritos y se aplicaron las encuestas, cuestionarios, entrevistas y se llevó a cabo observación del grupo, se encontró que del total de la población encuestada (24 alumnos), con respecto a las técnicas colaborativas; se encuentra que 24 alumnos les favoreció la interacción y promovió la comunicación, es decir, el 100% de los alumnos de acuerdo al instrumento de evaluación, aseguran que se les facilitó más la comunicación e interacción entre ellos y que aumentaron sus destrezas sociales en cuanto al aprendizaje se refiere.

Por otro lado, de acuerdo a la investigación realizada en el “Centro Educativo Jean Piaget” y los datos recabados que fueron externados por los alumnos de segundo semestre de bachillerato del grupo 201, al momento de encuestarlos y entrevistarlos, el profesor observó que 20 de sus estudiantes, es decir, el 83% mejoraron su logro académico y aumentaron sus habilidades del lenguaje, por lo cual, comprenden mejor los contenidos y son más participativos, teniendo así una asimilación mayor de los temas generando más opiniones acertadas, dando con esto un aprendizaje significativo.

De acuerdo al teórico norteamericano David Ausubel que establece que “el aprendizaje significativo ocurre cuando una nueva información se conecta con un concepto relevante preexistente en la estructura cognitiva, lo que implica que las nuevas ideas, conceptos y proposiciones pueden ser aprendidos”, para así formar una conexión entre los conocimientos previos que tiene el individuo y los nuevos que va adquiriendo, se establece un nuevo aprendizaje, es decir, el aprendizaje significativo que se evidencia en la mejor facilidad de los alumnos al trabajar colaborativamente.

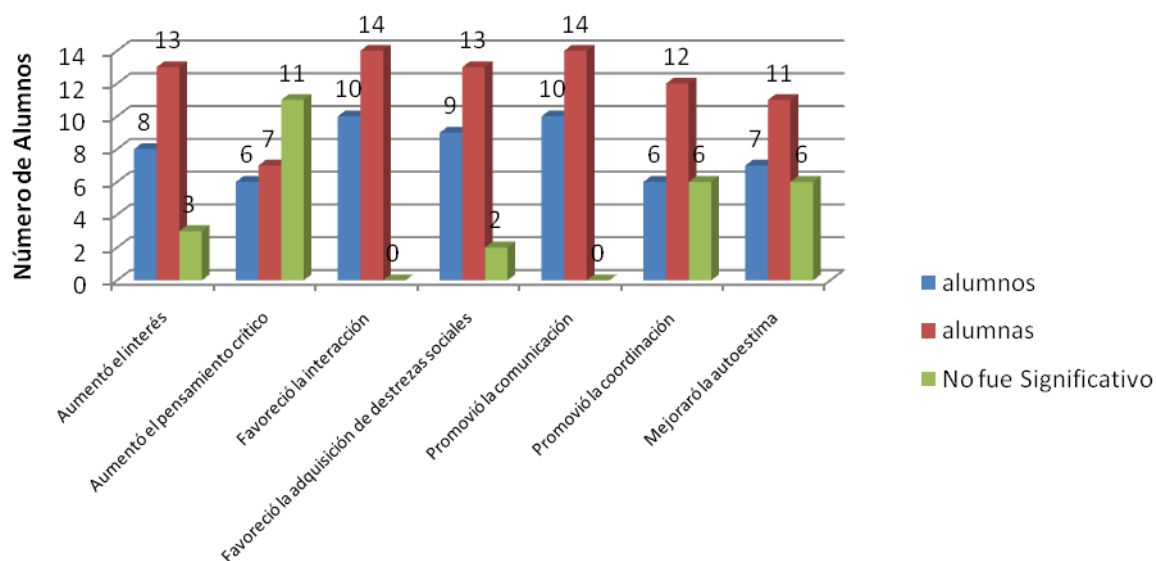
Por último, el estudio mostró que existe un avance en el desarrollo de destrezas de autodescubrimiento, toda vez que hubo 16 de los 24 alumnos censados, es decir, el 67% en donde el avance fue significativo y permitió el crecimiento en el grupo de estudio.

A continuación se presentan los resultados de manera concentrada y gráfica:

Tabla I. Impacto de las ventajas de las técnicas del Trabajo Colaborativo en los alumnos.

Impacto de las ventajas de las técnicas del Trabajo Colaborativo	alumnos	alumnas	No fue Significativo
✓ Aumentó el interés	8	13	3
✓ Aumentó el pensamiento crítico	6	7	11
✓ Favoreció la interacción	10	14	0
✓ Favoreció la adquisición de destrezas sociales	9	13	2
✓ Promovió la comunicación	10	14	0
✓ Promovió la coordinación	6	12	6
✓ Mejoró la autoestima	7	11	6

Gráfica 1. Impacto de las ventajas de las técnicas del trabajo colaborativo en los alumnos .

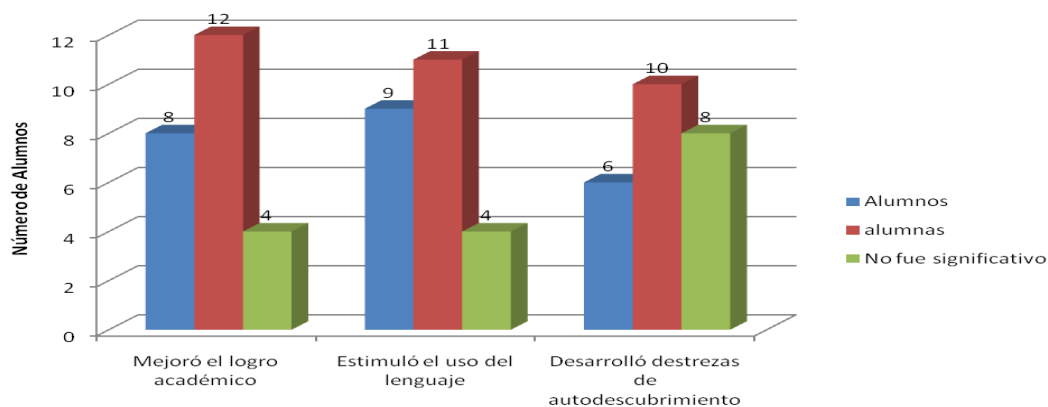


Ventajas en la que mejoraron los alumnos.

Tabla 2. Impacto pedagógico de las técnicas del Trabajo Colaborativo observado por el profesor en sus estudiantes.

Impacto Pedagógico de las técnicas del Trabajo Colaborativo observado por el profesor en sus estudiantes	Alumnos	alumnas	No fue significativo
✓ Mejoró el logro académico	8	12	4
✓ Estimuló el uso del lenguaje	9	11	4
✓ Desarrolló destrezas de autodescubrimiento	6	10	8

Gráfica 2. Impacto Pedagógico de las técnicas del trabajo colaborativo observado por el profesor en sus estudiantes.



Forma en que impactó a los alumnos.

Trabajo a futuro

Con la presente investigación se pretende iniciar un trabajo mayor, en forma conjunta con la directora general y el director de bachillerato del “Centro Educativo Jean Piaget” a fin de capacitar, reafirmar y orientar a todos los profesores en el uso de las técnicas del trabajo colaborativo y establecer estrategias para que los alumnos sean beneficiados con dichas técnicas; de tal modo que se vuelva un instrumento que desarrolle mejor sus habilidades de aprendizaje.

Conclusiones

Debido al impacto que tiene la utilización de las técnicas de Trabajo Colaborativo en el ámbito educativo, no ha sido tomado en cuenta como una mejora pedagógica, sino que sólo se ha considerado una experiencia más de evolución en la relación alumno-maestro, es por ello que se está proponiendo como una manera de responder con certeza a los cambios sociales de las nuevas generaciones para afrontar los desafíos del futuro.

De los resultados obtenidos, en los que se consiguió una sustancial mejora en el aprendizaje en los tres indicadores, es que se concluye que los alumnos, como parte fundamental e inherente del proceso de enseñanza-aprendizaje, dieron el primer paso al participar mostrando agrado e interés por aprender siendo estimulados con diversas técnicas de Trabajo Colaborativo, sólo falta que los profesores lo complementen cotidianamente en sus clases donde propongan actividades y apliquen estrategias que incluyan esta herramienta como un instrumento cotidiano del proceso, pues es claro que 16 de 24 casos en que se registró que el avance en mejorar su desarrollo de destrezas de autodescubrimiento fue significativo; y en 20 de 24 hubo una mejor expresión lingüística y logro académico sustancioso.

La falta de dominio, la actitud, el tiempo que duran las sesiones, el horario escolar, la falta de seguimiento en casa y la habilidad en la utilización de las técnicas del Trabajo Colaborativo, son algunos de los factores que impiden un progreso constante en el uso de este recurso y, por tanto, la obtención de resultados favorables cuando se utiliza esta herramienta.

El uso adecuado de estos recursos por el profesor garantiza en gran parte el éxito en los objetivos propuestos, esto se pone en evidencia de las respuestas de sus alumnos donde se nota que han adquirido nuevas habilidades de lenguaje y cognitivas.

Agradecimientos

Se agradece a todos y cada uno de los alumnos que participaron en este trabajo, al profesor, así como a la directora general y el director de bachillerato que proporcionaron las facilidades para el desarrollo de esta investigación.

Referencias

1. Amar, J. (2000). La función social de la educación. *Investigación y Desarrollo*, 11, 74-85.
2. Casarini, M. (1999). *Teoría y diseño curricular*. México: Trillas.
3. Choque Larrauri, Raúl. “Estudio en Aulas de Innovación Pedagógica y desarrollo de capacidades en Tecnologías de la Información y la Comunicación - TIC”, PERÚ, 2009, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Educación.
4. C. Coll et al. y otros. “El constructivismo en el aula”, España, Grajó, 1993.
5. Coll, Cesar. Mauri, Teresa. (2006). Redalyc. Análisis y resolución de casos problema mediante el aprendizaje colaborativo. *RU&SC. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento* (Relevancia: 1%) *RU&SC. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento Universitat Oberta de Catalunya rusc@uoc.edu ISSN* (Versión en línea): 1658-580X España.
6. Díaz Barriga, Frida. y Hernández R., G. *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. McGraw Hill, México, 2004. 232p.
7. Díaz, B y Hernández G. (2001). *Estrategias Docentes para un Aprendizaje Significativo*. Recuperado el 10 de julio de 2011 de <http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/biblioteca/articulos/pdf/strate.pdf>

8. Felder, R. y Brent, R. (1994). Cooperative learning in technical courses. ERIC: Document Reproduction Service Report. Ed 377038.
9. Fernández, H. Melero, J. (2005). Situaciones en el escenario del aula. Ed. McGraw, Argentina.
10. Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2003). Metodología de la investigación. México, D.F: McGraw-Hill.
11. Ferreiro Gravié Ramón. (2003.) Estrategias Didácticas del aprendizaje cooperativo. Ed. Trillas, México.
12. Fullan y Hargreaves. (1991). Hacia escuelas eficaces para todos, Ed. Narcea. (2001).
13. Johnson, Johnson, & Smith. (s.f). Basic elements of cooperative teams. Recuperado el 10 de Abril de 2015 de <http://www.campbell.edu/images/pages/baselemcooptms.pdf>
14. Johnson, D., Johnson, R. y Smith, K. (1991). Active Learning: cooperation in the college classromm. Edina, Minnessota: Interaction Book Company.
15. Junker, B. (2000). Field work, university of Chicago Press. Citado por Crabtree W (1992) observación participante (p120-140), Ed. Miller
16. Lucero, M. (s.f). Entre el trabajo colaborativo y el aprendizaje colaborativo, Revisa Iberoamericana de Educación. Recuperado el 10 de julio de 2011 de <http://www.rieoei.org/deloslectores/528Lucero.PDF>
17. Ovejero, A. (1990). El aprendizaje cooperativo. Una alternativa eficaz a la enseñanza tradicional. Barcelona: PPU.
18. Sauve, Lucié. (1994): "Exploración de la diversidad de conceptos y de prácticas en la educación relativa al ambiente", en: Memorias Seminario Internacional. La Dimensión Ambiental y la Escuela. Serie Documentos Especiales. Bogotá, Ministerio.
19. Skinner, B.F. "Aprendizaje y comportamiento". España, 1985. Martínez-Roca, p. 74.
20. Tujalзадilla, M. (s.f). Aprendizaje colaborativo y tecnologías de la información y la comunicación. Revisa Iberoamericana de Educación. Recuperado el 10 de julio de 2011 de <http://www.rieoei.org/deloslectores/322Calzadilla.pdf>
21. Real Academia Española 2015. versión electrónica permite acceder al contenido de la 22.^a edición y las enmiendas incorporadas hasta 2012. Recuperado el 07 de septiembre de 2015. de <http://www.rae.es/>
22. Van de Velde, Herman (2014). Construyendo escenarios educativos, basados en cooperación genuina. Nicaragua: Nuestra América- ABACOenred.
23. Whitaker, Patrick (1989). Como gestionar el cambio, en contextos Educativos. Ed. Nancea. Madrid.

Liderazgo participativo y sistema de gestión de la calidad 9001 2008 en el Cobaev, Fortín.

Autor: Lic. José Alberto Castellanos Martínez

Coautor: Mtra. Lilibiana Pérez Trujano

Área de participación: EDUCACIÓN

Resumen

La educación en el siglo XXI debe responder a necesidades de cobertura, calidad y equidad, Acuerdo Secretarial 442 donde los clientes (alumnos) sean agentes de cambio en un mundo multicultural como el nuestro. El liderazgo participativo involucra a todos los actores quienes forman parte no solo de un desarrollo académico, sino de una participación académica y responsable que permita satisfacer los requerimientos de los estudiantes a través de un proceso de gestión de la calidad, que responde a altos estándares de desarrollo educativo donde la teoría organizacional contribuya y favorezca la toma de decisiones de quienes participan en el proceso áulico y que coadyuve a obtener una institución educativa certificada con la Norma ISSO 9001-2008.

Palabras clave: *Liderazgo participativo, sistema, gestión de la calidad, educación en el siglo XXI.*

Abstract

Introducción

La educación de calidad en el siglo XXI, basada en la “revolución del conocimiento” contrasta con la generación de valor tradicional de la educación. En países desarrollados la revolución del conocimiento, ha generado incrementos sustanciales y básicos en todas y cada una de las áreas y campos del saber. En los países industrializados una gran parte de las actividades comerciales y en educación son de calidad. La posibilidad de que los países subdesarrollados participen en una nueva economía de mercado exige, entre otros aspectos, desarrollar un modelo educativo que desarrolle conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes, valores y competencias donde los diferentes agentes de cambio tales como: estudiantes, maestros intervengan en el proceso áulico que responda a necesidades reales y de proyección académica con los más altos estándares de calidad educativa, siendo el Programa de gestión de la calidad favorece a los diferentes agentes de cambio en la toma de decisiones con liderazgo participativo que identifique no solo a partir de un diagnóstico situacional, sino identificar una salida adecuada a las nuevas condiciones de la ciencia, la tecnología, el sistema de gestión de la calidad y una profunda reflexión sobre el quehacer docente dentro y fuera del aula, además de contar con una profundo análisis en la RIEMS (Reforma Integral de Educación Media Superior) y redefinir la aplicación del Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001 2008, lo que implica en la realización de una planeación estratégica a corto, mediano y largo plazo que incluya un mayor número de elementos posibles a evaluar a partir de dos perspectivas nacionales: una estatal para aportar a la solución de grandes problemas que se presentaban y otra nacional que responda a la competitividad nacional en la era tecnológica.

Contexto

El Colegio de Bachilleres del Estado de Veracruz, Organismo Público Descentralizado en su historia inicia sus trabajos en agosto de 1988, a la fecha cuenta con más de 70 planteles en todo el Estado de Veracruz, siendo el

Colegio de Bachilleres del Estado de Veracruz, Plantel 56 en la ciudad de Fortín de las Flores, Veracruz donde se realiza el estudio de investigación sobre el liderazgo participativo y el sistema de gestión de la calidad en la Norma ISO 9001 2008, desde sus inicios en agosto del 2008. Se trabaja en instalaciones provisionales a través de aulas móviles en lona con capacidad para seis grupos y oficinas administrativas para su avance y desarrollo académico.

El Cobaev se caracteriza por la amplitud de servicios que ofrece al alumno que van desde una formación propedéutica, formación para el trabajo, programa de desarrollo integral del estudiante, programa de orientación educativa desde primer semestre hasta sexto semestre, para escolares, programa de jóvenes adelante (líderes), y un sistema de gestión de la calidad implementado en el plantel desde el año 2008.

En los últimos años del siglo XXI, comenzó a desarrollarse en el plantel educativo un programa de sistema de gestión de la calidad donde deberán formarse una nueva generación de estudiantes preuniversitarios donde el nuevo modelo educativo exigía que deberían formarse por competencias y donde los clientes (estudiantes) puedan alcanzar sus objetivos y satisfacer las necesidades escolares, sociales y académicas asegurándoles que van a recibir los productos o servicios requeridos de forma sistemática y a la vez establecer una mejora continua.

Hablar de calidad es referirnos al grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos establecidos. Y el liderazgo participativo es el proceso donde participan diferentes actores sociales en la educación que van desde el director, subdirector académico, profesores y alumnos en la participación de las actividades académicas en beneficio de la comunidad educativa. La presente investigación centrada en el liderazgo participativo y el sistema de gestión de la calidad 9001 2008 en el Cobaev Fortín, tiene como finalidad presentar un panorama de como la educación de calidad favorece a los estudiantes a través de la aplicación de varios procesos y cláusulas de la Norma ISO 9001 2008 que van desde el objeto y campo de aplicación, referencias normativas, términos y definiciones, sistema de gestión de la calidad, responsabilidad de la dirección, gestión de los recursos, realización del servicio educativo, medición, análisis y mejora; todos inmersos en el sistema de la calidad.

Hoy en día estamos viviendo una etapa de cambios, de globalización, de competencia donde existe la movilidad de alumnos de un plantel a otro, luego entonces cada docente y personal administrativo de utilizar sus capacidades, competencias humanas, inteligencia, habilidades, destrezas, actitudes y valores para ofrecer un servicio educativo de calidad que responda no solo a necesidades regionales o locales, sino que cumpla con los más altos estándares de calidad académica nacional e internacional.

El liderazgo participativo emprendido por la dirección del plantel educativo y coordinada con el Enlace Técnico de la Calidad, deben trabajar en conjunto para implementar un plan estratégico que contribuya no solo alcanzar los fines deseados de la institución educativa, sino además favorecer la toma de decisiones a partir de las necesidades reales de los educandos en cada situación o evento que se les presenta. Hoy en día el liderazgo es una experiencia, una oportunidad, una necesidad y una nueva forma de aprender, conocer y desarrollar escenarios que favorezcan todo proceso de crecimiento y desarrollo socio afectivo y cultural

Sistema de Gestión de la Calidad

El sistema de gestión de la calidad debe responder a las necesidades y expectativas de los estudiantes, esto es ver al alumno como un cliente donde el servicio educativo que recibe debe ser de calidad y el grado de satisfacción debe responder al mundo tecnológico de nuestra era.

Un sistema donde se identifiquen las entradas, los procesos y las salidas en materia educativa no es una tarea fácil, sin embargo con la implantación de un programa de gestión de la calidad debe responder a necesidades institucionales, sociales y académicas donde maestros y alumnos cumplan con dichas expectativas, que van desde cumplir con un programa de estudios, alcanzar las competencias genéricas tales como las competencias interpersonales, competencias cognitivas y competencias instrumentales.

En el sistema de gestión de la calidad del Cobaev, en Fortín de las Flores, Veracruz se aplican elementos básicos del programa tales como la política de la calidad, objetivos de la calidad, manual de la calidad, mapa de procesos, descripción y medición de procesos y procedimientos obligatorios.

En todo programa de la calidad es muy importante considerar los procedimientos operativos, pues serán aquellos los que nos guiarán en cada actividad que se realice con el fin de ejecutar de manera práctica y operativa cada actividad en beneficio de la comunidad académica. Es muy importante mencionar que existen también requisitos del servicio educativo tales como: los expresados, los no expresados, los legales y reglamentarios y de la propia institución.

Cuando nos referimos a un programa de gestión de la calidad lo primero que pensamos ¿cómo podemos hacer las cosas mejor? Sin embargo en la aplicación del programa nos damos cuenta que esto es mucho más amplio, dinámico y complejo. Pues se debe disminuir los índices de reprobación escolar, mejorar la eficiencia terminal, incrementar los índices de ingreso al nivel superior, mejorar el rendimiento académico, disminuir los índices de reprobación escolar y disminuir el porcentaje de deserción escolar. Esto no es una tarea fácil pues el adolescente que se recibe atraviesa por una serie de problemas socio emocionales que se debe atender a partir de un programa de orientación educativa y programa de desarrollo integral del adolescente, para atender sus necesidades personales, sociales y psicológicas. Además es muy importante considerar que los alumnos llegan a primer semestre con muchas deficiencias académicas, y que se les debe otorgar un curso de dos semanas denominado propedéutico para adquirir los conocimientos básicos y poner a iniciar los programas de estudio.

Proporcionar un clima estudiantil acordes a sus necesidades y expectativas es favorecer en sus diferentes áreas de desarrollo social tales como la deportiva, cultural, tecnológica y académica, donde el joven se sienta identificado con la escuela y con las diferentes actividades que realiza de manera cotidiana y en sus diferentes clases donde actúa como estudiante activo del proceso de aprendizaje y enseñanza.

En este trabajo se propone capacitar, implementar, aplicar y evaluar el programa de sistema de gestión de la calidad para que cada participante del proceso académico e institucional se involucre y cumpla con los requisitos que exige su departamento o área de trabajo. Se considera que si conoce sus funciones y actividades asignadas realizará de manera eficiente y eficaz todo proceso que tenga asignado a su cargo.

Los estudiantes al tener conocimiento de que cuentan con un programa de gestión de la calidad le da seguridad y confianza en su educación formal. Además le permite realizar observaciones, comentarios, sugerencias y quejas a partir de un buzón electrónico donde el mismo puede acceder desde su computador y reportar cualquier anomalía que se le haya presentado. Una vez hecho la queja entonces el Enlace Técnico de la Calidad debe darle seguimiento a dicha queja, y realizar las acciones correspondientes, sean estas acciones preventivas o correctivas según sea el caso.

Los docentes deben adquirir las competencias docentes que exige una educación con calidad docentes que van desde competencias genéricas que abarca las competencias interpersonales tales como la comunicación, trabajo en equipo, liderazgo; las competencias cognitivas tales como la resolución de problemas, pensamiento crítico, razonamiento cotidiano y creatividad; competencias instruccionales tales como de gestión, informática, idiomas y documentación. Abarca también el desarrollo de las competencias de evaluación a partir de los portafolios de evidencias de aprendizaje, rúbricas holística, analítica, guías de observación, listas de cotejo, o escalas estimativas; implementando un diagnóstico y respuesta a las necesidades de los alumnos, evaluación y mejora el curso, enseñanza o materiales, evaluación y mejora de las actividades en el aula, evaluación del progreso de los alumnos, obtención y utilización de la retroalimentación del alumnado en la enseñanza, comunicación en el progreso del avance del estudiante hasta el mejoramiento en el rendimiento académico y escolar.

Metodología

Capacitación. Se implementó una capacitación sobre el programa de gestión de la calidad bajo la Norma ISO 9001 2008, dirigida para los Enlaces Técnicos de Gestión de la Calidad.

Enlace Técnico de la Calidad. Se selecciona un enlace técnico de la calidad elegido por el director del plantel, pues lo representará en diferentes reuniones de trabajo, además hará uso de información valiosa y fidedigna para el buen uso, manejo y control de los manuales de la calidad.

Reuniones trimestrales. Se lleva a cabo con los Enlaces Técnicos de Gestión de la Calidad para revisar avances, mejoras, acciones preventivas y correctivas. Una vez por año asisten los directores de los planteles educativos de la zona.

Congreso Anual. Cada año se reúnen los Enlaces Técnicos de Gestión de la Calidad, hoy en la actualidad más de 70 planteles participan de todo el Estado de Veracruz, los auditores internos y personal Administrativo de Oficinas Centrales que llevan el programa en la Ciudad de Xalapa, Veracruz. La finalidad es compartir experiencias de aprendizaje y gestión educativa. Además de que invitan a un grupo de expertos que también llevan programas de calidad en sus empresas.

Auditorías Internas. Periódicamente se visitan a cada uno de los planteles y se revisa de manera minuciosa cada uno de los elementos que son objeto de evaluación del programa de gestión de la calidad, se recomienda una o dos visitas por semestre. Y los auditores internos visitan a los planteles cada dos meses.

Auditorías Externas. Con la finalidad de cumplir con la Norma ISO 9001 2008, se realiza al azar una auditoría externa a los planteles educativos, esto con la finalidad de obtener información adecuada en cada uno de los programas que son auditados.

Certificación. A partir del año 2008 se decide implementar la Norma ISO 9001 2008.

Actualización. La última actualización de la norma se tuvo en el año 2008.

Recertificación. Cada dos años el Cobaev debe estar en constante actualización en todas las áreas de los procesos de valoración y evaluación, con el objeto de continuar con la Recertificación de la Norma ISO 9001 2008 y así cumplir con los más altos estándares académicos y normativos que exige un programa de sistema de gestión de la calidad.

Resultados y discusión

Se obtuvieron como resultados capacitar al personal administrativo para la implementación del Programa de Gestión de la Calidad a partir del año 2008. Al principio se identificó demasiada resistencia por parte del personal docente pues no estaban acostumbrados a ser evaluados, rendición de cuentas y la puesta en práctica de procesos y procedimientos administrativos donde tuvieran ellos que mejorar cada una de sus actividades del quehacer docente. Los administrativos de la misma manera, pensaban que era más trabajo, y que les generaría pérdida de tiempo y les ocasionaría atraso en sus actividades asignadas.

La disminución de la reprobación escolar en más de un 70 %, pues si un docente aplica de manera adecuada el sistema de evaluación de los aprendizajes y pone en práctica el modelo basado por competencias, el número de alumnos que reprobaba será mínimo comparado con antes de la aplicación del Programa de Gestión de la Calidad.

El sistema de Gestión de la Calidad 9001 2008 adquiere presencia regional, estatal, nacional e internacional pues a través del Festival de la Juventud que se realiza cada año, se muestra las capacidades, habilidades y potencialidad del alumno en diferentes disciplinas tanto académicas, deportivas y culturales; permitiendo así posicionar al Cobaev en otros escenarios de aprendizaje y convivencia.

Se incrementó los porcentajes de rendimiento académico en los estudiantes, pues cada alumno al trabajar por el modelo por competencias, identifica sus áreas fuertes y débiles; y así mejorar sus aprendizajes y desarrollo académico.

Se generó un liderazgo participativo donde directivos, administrativos, docentes y alumnos son importantes en el proceso académico, y donde cada participante del sistema académico contribuye de manera activa en el desarrollo educativo para favorecer la toma de decisiones de manera creativa, asertiva y de competencias humanas que ayuden a mejorar cada situación o evento en beneficio de la comunidad académica de los estudiantes.

La institución educativa debe ser vista como un escenario de aprendizaje y enseñanza donde quienes participen en ella sean capaces de no solo aprender ser, aprender a convivir, sino aprender para la vida a partir de las diferentes capacitaciones para el trabajo que ofrece el plantel educativo. Formar para la vida no es una tarea fácil, pero a través de la motivación de los estudiantes para aprender, les ayuda a crecer en sus diferentes capacidades, habilidades, destrezas y actitudes que muestre en la formación para el trabajo.

El aprendizaje es un andamiaje que le ayuda al alumno a tomar decisiones no solo para la vida, sino decisiones que respondan a su ser, convivir y estar en homeostasis en situaciones complejas, sobre todo cuando se pierde el control por una situación ajena a su voluntad. Deberá mostrar una actitud que favorezca su desarrollo y crecimiento socio afectivo en diferentes áreas de su personalidad y en diferentes situaciones a las que se enfrenta.

La educación debe conseguir, por tanto, que cada alumno afronte de manera didáctica, lúdica y creativa una situación de aprendizaje que lo lleve a identificar sus necesidades y observe donde lo puede aplicar, sea laboral, social o en sus estudios, con las competencias adecuadas para desempeñarse bien, sin carencias ni fracasos dolorosos. Es por ello que la mediación pedagógica se habla de competencias docentes para hacer referencia a las habilidades y desempeños necesarios con los que cuenta el docente, y que el mismo se de cuenta con cuales ya forman parte de su competencia, pero también identificar cuales necesita aprender para mejorar su mundo laboral, es decir, las destrezas necesarias para ejercer un empleo que cumpla altos estándares de calidad dentro y fuera del aula.

El liderazgo ejercido en el salón de clases debe ser participativo, donde el docente le dé la oportunidad al alumno de expresarse y comunicarse, y a partir de las habilidades del estudiante, sea capaz de promover experiencias de aprendizaje que favorezca el clima educativo del medio donde se encuentre, que con los elementos que tiene a su alrededor, sea capaz de poner en práctica conflictos cognitivos que ayuden al alumno a resolver situaciones problemáticas que se le presentan en un medio de aprendizaje vivencial, donde sea el alumno quien sea el protagonista de su propio aprendizaje. Que el docente sea capaz de ocultarse por unos momentos para que quien brille sea el estudiante. Esto es hasta que está listo el alumno, está listo el maestro

Los directivos deben asumir su compromiso social a través de su actitud profesional, estar cerca del estudiante para conocer sus inquietudes, necesidades y expectativas personales y sociales. Pero también estar cerca del docente para identificar los problemas que se le presentan al docente dentro y fuera del proceso áulico, con el objeto de ayudar a enriquecer su quehacer académico en cada situación problematizadora. Actuar de manera profesional, ética, con sentido humano y compromiso de su responsabilidad con cada uno de los participantes del proceso que van desde alumnos, maestros, padres de familia, cooperativa escolar, personal de confianza, personal sindicalizado, personal administrativo, público en general y sociedad, debe ser una oportunidad y una necesidad de crecimiento en esta era, donde a través del programa de rendición de cuentas, ayude a la parte directiva a seguir creciendo y obteniendo mayores beneficios para los estudiantes y la población educativa. Esto no es una tarea fácil, responder a los diferentes agentes de cambio, pero aplicando un liderazgo estratégico y participativo ayudará a la personas no solo a tomar decisiones en beneficio propio, sino crecer como comunidad estudiantil, donde todos ganemos, donde los estudiantes se sientan comprometidos con su labor educativa, pero también el docente sienta el respaldo del director para atender los problemas e inquietudes de sus alumnos y de los eventos que muchas veces no favorece su quehacer docente, y el docente de esta manera pueda establecer sus evidencias de producción, evidencias de desempeño y evidencias de conocimiento, donde estos tres elementos refuerzan el aprendizaje en el modelo educativo basado en competencias y que indican como trabajar las unidades de competencia, contenidos o evaluación en un mundo multicultural y globalizado como el nuestro, donde las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación deben ser puestas en práctica tanto por el alumno como por el docente en sus diferentes escenarios de aprendizaje o de enseñanza y ayudando al alumno a experimentar y aplicar sus valores y actitudes que le den sentido a su vida, una vida para la vida y una educación del conocimiento donde se ponga en práctica la aplicación pedagógica de los medios que le ayudaran a mejorar y enriquecer sus aprendizajes cognitivos, socio afectivo, motrices, personales, profesionales

La investigación da como resultado establecer un proceso de mediación pedagógica donde se conjuguen las diferentes competencias genéricas, disciplinares y profesionales que coadyuven a la elaboración de una Guía Técnico Pedagógica que facilite a las instituciones educativas la incorporación en el programa de gestión de la calidad en la Norma ISO 9001 2008, en los procesos vinculados directamente con el aprendizaje y la enseñanza, mediación pedagógica y evaluación del proceso de aprendizaje y enseñanza.

Trabajo a futuro

Se pretende incorporar al Colegio de Bachilleres del Estado de Veracruz, Plantel 56 Fortín en el Sistema de Nacional del Bachillerato.

Conclusiones

En los inicios del Colegio de Bachilleres del Estado de Veracruz, plantel 56 Fortín, Ver. Se identificaron altos índices de reprobación escolar superando en un 66 % en materias de histórico social. Sin embargo con la puesta en marcha del Programa de Gestión de la Calidad, ha permitido identificar las variables que afectan el rendimiento académico de los estudiantes, y ha sido posible disminuir estos índices de reprobación a un solo 10 o 20 %.

El Programa de Gestión de la Calidad 9001 2008, permitió identificar al alumno como un cliente, pues es el elemento básico en el que debe responder a necesidades institucionales, sociales y culturales. Además que el estudiante ahora cuenta con un buzón de quejas tanto de manera manual como electrónico, con el objeto de que exprese sus observaciones, comentarios y quejas; y estas deben ser atendidas de inmediato.

Un mayor control y eficiencia en cada una de las actividades que se realizan, pues se cuenta con procedimientos específicos que marca la Norma para ser puestos en práctica en cada proceso que se aplica.

Implementación de acciones preventivas y correctivas dio pauta a identificar los problemas que presenta la institución educativa y atender ya sea de manera asertiva, en tiempo y forma. O si la acción es correctiva realizar la acción correspondiente.

Los docentes participaron en una mayor capacitación a partir de las académicas locales, regionales, estatales. Participación en cursos de actualización docente. Incorporación en el Diplomado en Competencias Docentes implementados por la Reforma Integral del Bachillerato. Incluso la certificación nacional e internacional en algunas especialidades.

Implementar programas de gestión educativa y de gestión de la calidad ayuda a todos los participantes en el desarrollo académico. Permite crecer de manera natural en situaciones de conflicto en beneficio de una comunidad académica que son los estudiantes, quienes resultan los más beneficiados del proceso educativo.

Agradecimientos

Al Colegio de Bachilleres del Estado de Veracruz, por la oportunidad que me brinda el formar parte del panel docente y se el Enlace Técnico de la Calidad.

Referencias

Cano, Elena. Como mejorar las competencias de los docentes. Guía para la autoevaluación y el derecho de las competencias del profesorado. Edit. GRAO. 2007 Barcelona, España.

Díaz Barriga Arceo Frida y Hernández Rojas Gerardo. Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Edit. Mc Graw Hill. 2ª. Edicc. México. 2012. México.

Michel, Guillermo. Aprende a aprender. Edit. Trillas. 2010. México.

Navío, Gómez Antonio. "Propuestas conceptuales en torno a la competencia profesional", en http://ince.mec..Es/revistaeducacion/re337/re377_11>.

Suarez, Díaz Reinaldo. La educación. Estrategias de enseñanza-aprendizaje. Teorías Educativas. Edit. Trillas. 5ª. Edicc. 2013. México.

Tovar, González Rafael Manuel y Serna, Alcántara Gonzalo. 332 estrategias para educar por competencias. Como aplicar las competencias en el aula para bachillerato. Edit. Trillas. 2009. México.

Aprendizaje Basado en Proyectos Colaborativos, una experiencia extra-aula universitarias de FCBA, Peñuela, Ver.

M.A.R Juárez Juárez¹; M.A. García Castillo²;
R. Dávila Lezama³.
Docentes de la Universidad Veracruzana
rosiojj@hotmail.com

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

Este artículo presenta una experiencia desarrollada en aulas universitarias. Muestra que el Aprendizaje Basado en Proyectos Colaborativos (ABPC), empleado como estrategia didáctica, desarrolla en estudiantes universitarios, motivación hacia la búsqueda y aplicación del conocimiento. La experiencia fue conducida por el profesor del curso; para recoger la información, durante y al finalizar la experiencia, empleó la técnica de observación, utilizando como instrumento de evaluación una Guía de Observación, la cual está dividida en tres momentos: decisiones esenciales, las colaborativas y las del término del proyecto. Esta experiencia aporta información aplicable en los procesos de enseñanza y aprendizaje que se desarrolla en cualquier especialidad universitaria.

Palabras clave: Aprendizaje basado en proyectos.

Abstract

This article presents an experience developed in university classrooms. It shows that the Collaborative Project-Based Learning (ABPC), used as a teaching strategy, developed in university students motivation to search and application of knowledge. The experiment was conducted by the course instructor; to collect information, during and after the experience, he employed the technique of observation, assessment tool used as an Observation, which is divided into three stages: critical decisions, collaborative and project completion. This experience provides relevant information on the processes of teaching and learning that is developed in any college major.

Keywords: Project-based learning.

Introducción

El proceso de aprendizaje es formar personas capaces de interpretar los fenómenos y los acontecimientos que ocurren a su alrededor. Con frecuencia, los profesores se encuentran con dificultades de aprendizaje en los estudiantes, que en muchas ocasiones, a estos les resulta difícil reconocer, limitándoles para adquirir nuevos conocimientos.

Para que el aprendizaje se lleve a cabo, el estudiante debe prepararse para identificar las dificultades y los errores que comente durante este proceso, con la finalidad de superarlos; a este ejercicio de intencionalidad, se le denomina aprendizaje de la autorregulación, que es el proceso autodirigido a través de sus capacidades mentales en habilidades académicas. Para ayudar a los estudiantes en este proceso, se emplean dos elementos fundamentales: las estrategias de evaluación y la gestión del aula en grupos de trabajo colaborativo. Esto hace necesario un acercamiento al modelo de aprendizaje a través de la enseñanza basada en proyectos, el cual se ha implementado con óptimos resultados. Así como también, un acercamiento al trabajo colaborativo, que se refiere a metodologías de aprendizaje que incentivan la colaboración entre individuos para conocer, compartir y ampliar la información que cada uno tiene sobre un tema.

El aprendizaje colaborativo no es sólo un conjunto de pasos para trabajar de manera ordenada en un grupo, es mucho más que eso es una filosofía de vida, en la que los participantes tienen claro que el todo del grupo es más que la suma de sus partes. (ITESM, 2010)

Esta forma de trabajo en el aula representa una oportunidad para que los profesores, a través del diseño de sus actividades, promuevan en sus alumnos el desarrollo de habilidades, actitudes y valores (ITESM, 2010)

Metodología del desarrollo del sistema:

Para promover la capacidad de análisis y síntesis, habilidades de comunicación, actitud colaborativa, disposición a escuchar, tolerancia, respeto y orden, en la experiencia educativa (E.E.) Protección de la Biodiversidad de la Carrera de Licenciado en Biología se llevó a cabo la realización de un Jardín, teniendo este proyecto como propósitos lo siguiente:

1. Crear un jardín utilizando la naturaleza, ecología y la agronomía como parámetros de seguimiento para la obtención de espacios útiles y bellos.
2. Diversificar los usos, valores e importancia de la biodiversidad presente en la Facultad.
3. establecer acciones de protección y conservación a través de la creación de un jardín.

Con este proyecto se pretende guiar al estudiante a tomar la decisión correcta de cómo utilizar el conocimiento adquirido en la EE de Protección de la Biodiversidad, de los usos, valores e importancia de la biodiversidad, para la creación de un espacio apto (ya sean jardines botánicos, jardines sustentables, jardines medicinales, etc.). Esta EE se encuentra en el currículo de Biología, ubicada en las experiencias de elección libre, siendo uno de los objetivos del MEIF que los estudiantes de otros programas educativos puedan cursar EE de otro programa. Este grupo se integró por estudiantes de Agronomía y Biología.

La planificación de este espacio abierto se fundamentará en los criterios de diseño de jardines con el valor agregado al conocimiento y manejo de la información de Protección y Conservación de la Biodiversidad. Unificando estos conocimientos y su aplicación se crearán microclimas para la edificación y elaboración de un jardín.

Socialmente hablando sería la de proporcionar un lugar agradable al usuario para que utilice espacios muertos o no planificados en algo agradable y hermoso donde puede descansar y disfrutar.

Contexto

La expansión urbana periférica y el vaciamiento y abandono de las áreas urbanas centrales, que han caracterizado las tendencias de desarrollo urbano de muchas ciudades latinoamericanas, han generado diversas consecuencias negativas para los habitantes y las ciudades en su conjunto: despoblamiento y deterioro de las áreas centrales con el consecuente desperdicio o subutilización de los servicios, infraestructura y equipamiento social acumulados; altos costos en la extensión de redes de servicios e infraestructura y de transporte hasta periferias cada vez más alejadas; deterioro del medio ambiente; así como pérdida de áreas agrícolas, forestales y otros recursos naturales.

La pérdida de espacios agrícolas, forestales y de recursos naturales es un problema afín a la formación del biólogo contemporáneo, dado el crecimiento de las zonas urbanas y su impacto al medio ambiente se hace necesario que los biólogos posean las herramientas adecuadas para detectar y solucionar este tipo de necesidades en las grandes urbes.

Uno de los problemas reside en que no se planifican los espacios abiertos pensados en un jardín, sino solo en el espacio que proporcionará ventilación e iluminación, olvidando el confort, y la necesidad de recreación. Este tipo de espacios existen no sólo en grandes edificios dentro de zonas grandes metrópolis, estos espacios también se encuentran en instituciones educativas, que siendo en un principio jardines, posteriormente son abandonados y se transforman en lugares poco agradables a la vista.

Este trabajo se desarrolla en la Facultad de Ciencias Biológicas Agropecuarias de la ciudad de Peñuela, municipio de Amatlán de los Reyes, Ver. Esta Facultad en su inicio fue una institución pequeña y que por necesidades propias de la expansión de matrícula creció. Como resultado de este crecimiento el edificio sufrió transformaciones, por lo cual quedaron áreas verdes sin una funcionalidad dentro de la institución.

Al tener estos espacios nada agradables a la vista y teniendo una comunidad educativa cuyo objetivo es la conservación del ambiente, se vio la necesidad de crear un Jardín, cuyo objetivo es el esparcimiento y el confort para los que habitan en este recinto educativo como un área propicia para la interacción social de alumnos-alumnos, maestro-alumno y maestro-maestro.

La interacción social es el contacto significativo que las personas tienen entre sí. La palabra “significativo” es una palabra importante en este contexto, ya que implica un intercambio que incluye una comunicación real, aunque sea por un momento, y que hace que cada una de las partes sienta que ha compartido algo con otro ser humano. Los buenos lugares para la interacción son lugares en los que las personas (por lo general provenientes de muchas partes de la comunidad y/o de entornos diversos) se encuentran naturalmente e interactúan en forma amena y agradable debido a la naturaleza o atracción del lugar y/o de las actividades asociadas a él.

Por lo cual, la planeación de este jardín tiene dos vertientes, una es la transformación de espacios descuidados para embellecimiento de la facultad y la otra, la necesidad de un lugar adecuado para fomentar ese ambiente de cordialidad, para que la comunicación personal se haga presente en este momento en el cual impera la comunicación a través de las redes sociales. La implementación de este jardín fue durante el mes de mayo del 2015, con el fin de que el resultado fuese parte de la evaluación de la EE Protección y Conservación de la Biodiversidad.

Marco teórico- referencial

La innovación educativa es un proceso que involucra la selección, organización y utilización creativa de los elementos vinculados a la gestión institucional, el currículum y/o la enseñanza, siendo normal que una innovación educativa impacte más en un ámbito, ya que suele responder a una necesidad o problema que regularmente requiere una respuesta integral. (Barraza Macías, 2013)

Competencias

Las competencias son las capacidades con diferentes conocimientos, habilidades, pensamientos, carácter y valores de manera integral en las diferentes interacciones que tienen los seres humanos para la vida en el ámbito personal, social y laboral. Las competencias son los conocimientos, habilidades, y destrezas que desarrolla una persona para comprender, transformar y practicar en el mundo en el que se desenvuelve. Son las habilidades que el docente quiere desarrollar en el alumno para alcanzar el objetivo.

Aprendizaje basado en proyectos colaborativos

El aprendizaje colaborativo es considerado una filosofía de interacción y una forma de trabajo que implica tanto el desarrollo de conocimientos y habilidades individuales como el desarrollo de una actitud positiva de interdependencia y respeto a las contribuciones. Está fundamentado en la teoría constructivista, el conocimiento es descubierto por los alumnos, reconstruido mediante los conceptos que puedan relacionarse y expandido a través de nuevas experiencias de aprendizaje.

Con el aprendizaje basado en proyectos se estimula el Aprendizaje Colaborativo (AC) el cual se refiere a la actividad de pequeños grupos desarrollada en el salón de clase. El Aprendizaje Basado en Proyectos Colaborativo (ABPC) es más que el simple trabajo en equipo por parte de los estudiantes, la idea que lo sustenta es que los estudiantes forman “pequeños equipos” después de haber recibido instrucciones del profesor.

Dentro de cada equipo los estudiantes intercambian información y trabajan en una tarea, hasta que todos sus miembros la han entendido y terminado, aprendiendo a través de la colaboración. La clase se convierte en un foro abierto al diálogo entre estudiantes-estudiantes y estudiantes-profesores, los estudiantes tienen un rol activo, dentro de su equipo, aprenden a recibir ayuda de sus compañeros de clase y también a ayudarse mutuamente, enriqueciendo sus procesos cognitivos con las ideas diversas de sus compañeros de equipo. (Maldonado Pérez, 2008).

El ABPC conduce a la creación de una verdadera comunidad de aprendizaje. Cuando el trabajo se está desarrollando, los estudiantes están intensa y auténticamente sumergidos en él, y continuamente ellos se encuentran interactuando y colaborándose unos a otros. Se genera un clima espontáneo de dar y recibir. Asimismo, la práctica debe ir unida a la reflexión postulando, el aprender haciendo orientada por la idea de la producción social del conocimiento en la búsqueda de soluciones a los problemas en aras de encontrar nuevos caminos. (Maldonado Pérez, 2008).

Es por ello, que se debe promover el trabajo de equipo, la enseñanza integrada e interdisciplinaria donde una misma situación problemática sea analizada y manejada desde varias perspectivas con una óptica global. Es así, como la escuela se convierte en un lugar donde se aprende a pensar proporcionando al estudiante habilidad para el análisis, el sentido crítico, estímulo para la creación.

El ABPC estimula simultáneamente aspectos cognitivos, motrices, éticos y afectivos, permiten trabajar con una pedagogía activa. Los estudiantes, como investigadores, se convierten en agentes generadores del saber que aprenden; los proyectos permiten poner en práctica el aprendizaje colaborativo, la organización de grupos, la reestructuración de la sala, la integración de recursos disponibles, una evaluación distinta, la interacción legítima entre estudiantes en las actividades curriculares, incorporando las buenas experiencias educativas que hasta el momento han sido propias de las actividades extracurriculares. Así mismo, hace posible que los estudiantes experimenten las formas de interactuar con el mundo actual demanda. (Maldonado Pérez, 2008).

Estudios afines

El aprendizaje colaborativo nace y responde a un nuevo contexto socio cultural donde se define “el cómo aprendemos” (socialmente) y “dónde aprendemos” (en red).

Por lo cual, al revisar trabajos realizados que utilizan el ABPC, la generalidad de estos utilizan esta estrategia para los curso en línea, por lo cual se utilizará como referencia la siguiente experiencia de innovación de la docencia universitaria.

En el trabajo titulado Análisis y resolución de casos-problema mediante el aprendizaje colaborativo, realizado por Mauri Majós en el 2006, presenta y discute una experiencia de innovación de la docencia universitaria en el ámbito disciplinar de la psicología de la educación, basada en una metodología de análisis y resolución de casos-problema en pequeños grupos colaborativos, y en el uso de tecnologías de la información y de la comunicación (TIC).

La experiencia, que se ha desarrollado a lo largo de dos cursos académicos, se fundamenta en una visión constructivista y sociocultural de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Se describe en detalle el diseño instruccional desarrollado, que prioriza tres formas de uso de las TIC: 1) como apoyo al trabajo colaborativo en pequeño grupo de los estudiantes; 2) como soporte al seguimiento, el apoyo y la tutorización por parte del profesor, y 3) como apoyo a la reflexión y regulación de los estudiantes sobre su propio proceso de trabajo y aprendizaje. Estas formas de uso extienden y amplifican la actividad presencial de profesor y estudiantes, y dan lugar a un contexto híbrido (presencial y virtual) de enseñanza y aprendizaje. La valoración global de la experiencia es muy positiva, tanto desde el punto de vista del rendimiento académico de los estudiantes como desde el de la satisfacción de éstos y de profesores. Con todo, se identifican también algunos aspectos susceptibles de revisión y mejora; en particular, se señala la dificultad que supone integrar herramientas y espacios virtuales de enseñanza y aprendizaje en una "cultura institucional" y de los estudiantes centrada en la presencialidad, y se destaca la necesidad de ayudar y enseñar explícitamente a los alumnos habilidades específicas para el trabajo y el aprendizaje en entornos virtuales.

De aquí parte la importancia de este trabajo donde el fenómeno educativo sigue siendo presencial, donde el rol del maestro es apoyar, guiar y ser mediador entre el grupo de estudiantes, donde los alumnos son la parte activa del aprender. El estudiante aprende de forma significativa al utilizar sus conocimientos aprendidos en el aula, y, transformados al trabajar en grupos colaborativos en la solución de un problema.

Este trabajo busca mostrar la actividad colaborativa, que se deriva de las actitudes humanas intersubjetivas. Se mostrara que el aprendizaje colaborativo, está centrado básicamente en el diálogo, la negociación, en la palabra, en el aprender por explicación.

Metodología

Propósito de la experiencia:

Desarrollar una experiencia de trabajo en el aula que permitiera mostrar que con el empleo del ABPC, como estrategia didáctica, se logra desarrollar en estudiantes universitarios, motivación hacia la búsqueda y producción de conocimientos.

Los actores de este proyecto educativo son: los estudiantes (de la licenciatura Agronomía y Biología) inscritos en la experiencia educativa Protección y Conservación de la Biodiversidad, que son la parte dinámica del proceso de aprendizaje y, las actividades de aprendizaje realizadas por los equipos tuvieron siempre el acompañamiento del profesor.

Desarrollo de la experiencia

La experiencia se realiza dentro del salón de clases, y en un jardín de la FCBA. Se aplicó como estrategia didáctica ABPC, la cual exige el desarrollo de actividades como las siguientes: trabajo colaborativo en clase, fuera de clase y la elaboración de un proyecto de trabajo, que le permitió al estudiante resolver los posibles problemas que se presentaron en temas relacionados con la experiencia educativa y la generación de nuevos conocimientos. Trabajar con los proyectos permitió a los estudiantes, poner en práctica el trabajo colaborativo, la organización de grupos, la reestructuración de la sala, la integración de recursos disponibles y también un proceso de evaluación distinta a la habitual.

Los proyectos colaborativos están inscritos en el modelo pedagógico constructivista, el rol del docente es el de cultivar la atmósfera de participación y colaboración. Si bien el aprendizaje basado en proyectos colaborativos permite libertad a los estudiantes, el docente es quien establece los límites, mantiene las expectativas y orienta en lo que es fundamental conocer, discutir y modelar. Así también, deberá asumir un papel estimulador tanto del pensamiento individual como grupal.

Para la recolección de la información se empleó la técnica de observación. La observación se empleó para obtener información sobre lo que acontece en el aula, especialmente cuando realizan trabajos colaborativos y cuando se presentan y discuten los proyectos. Como instrumento la Guía de Observación, que es una herramienta que se aplica para la observación del desempeño, habilidades, destrezas y actitudes de los estudiantes, a través del diseño de situaciones de aprendizaje que permitan lograr las competencias esperadas, la cual fue utilizada en este proyecto. Para medir el desempeño y actitudes del alumno, está dirigido especialmente para el ser y saber hacer.

La Guía de Observación está dividida en tres momentos: decisiones esenciales, las colaborativas y las del término del proyecto.

Decisiones esenciales: Son estrategias que se toman antes de las decisiones que se tomen para la realización del proyecto. Se describe lo siguiente: ¿Se establecieron con claridad los objetivos académicos? ¿Cuáles fueron? ¿Se establecieron con claridad los objetivos colaborativos? ¿Cuáles fueron? La organización física de área verde a trabajar... ¿Qué roles se asignaron a los miembros del equipo?

Las actividades colaborativas: El momento de desarrollar habilidades colaborativas a través de las actividades, se deben describir: los criterios académicos que se establecieron como meta para el grupo, las conductas que los alumnos mostraron al representar el rol que les fue asignado, los tipos de interdependencia positiva que fueron utilizados (metas, identidad, recursos, premios, funciones, fantasías, amenaza exterior y secuencia de tareas), ¿Qué tipo de asistencia proporcionó el profesor en el trascurso del trabajo colaborativo a sus alumnos?.

Al término del proyecto: Es el momento de hacer el cierre de la actividad, evaluar los resultados y proporcionar retroalimentación del funcionamiento de los equipos de trabajo. ¿Se lograron los objetivos académicos del proyecto? ¿Se lograron los objetivos colaborativos del proyecto?.

Resultados y discusión

El docente del curso, quien condujo la experiencia, brindó acompañamiento permanente a los equipos de trabajo. La observación del proceso o dinámica de trabajo, en las dimensiones comunicación, motivación, emoción y cooperación, evidenció una evolución en el desarrollo de la relación en el equipo. Al inicio del curso, la comunicación era deficiente puesto que se trataba de conversaciones redundantes y cargadas de preguntas impacientes, que dificultaban los intercambios, con el fin de generar acuerdos; la motivación no se manifestaba puesto que aún existía desconfianza por parte de los estudiantes por pertenecer a dos programas educativos diferentes y en el logro de los objetivos; en la dimensión de la emoción se observaron marcados niveles de angustia, incertidumbre cuando no lograban acordar alguna estrategia de trabajo. Luego de las sesiones de trabajo, la observación reveló claramente una evolución no sólo en las dimensiones mencionadas sino también en el ánimo del equipo, el cual se tornó enérgico y asertivo. Esto hace pensar que se está en la presencia de aprendizaje significativo.

La experiencia realizada mostró que con la aplicación de la estrategia didáctica ABPC, durante la EE Protección y Conservación de la Biodiversidad, se fomentó en los estudiantes la motivación hacia la búsqueda y producción de conocimientos; esto se evidencio en las observaciones realizadas por el docente que condujo la experiencia. En este sentido, los estudiantes al experimentar la libertad de elección del tema a profundizar a través del proyecto, expresaron asombro por lo novedoso de la estrategia, así mismo, expresaron sentirse comprometidos con el desarrollo del proyecto.

Se observó desarrollaran su propio proceso de aprendizaje, al ser estimulados a aprender y desarrollar su capacidad emprendedora. Esto se hace evidente cuando elegían las actividades de su mayor interés, en estas actividades pudieron profundizar algunos contenidos del curso, haciendo siempre referencia a la relación y aplicación de los conceptos con la vida cotidiana. Así como, el gestionar recursos frente a las autoridades de la FCB en búsqueda de soluciones a su proyecto.

Al trabajar de manera colaborativa, los estudiantes se sintieron responsables por el éxito de la actividad y permitió al profesor atender las diferentes necesidades de manera particular. Esto permite señalar, que el docente atendió satisfactoriamente la diversidad encontrada en el aula durante el proceso de enseñanza y aprendizaje, pues los perfiles de estudiantes son diferentes, los biólogos en pro del ambiente y los agrónomos en búsqueda de la adecuación de la vegetación al tipo de suelo, encontrando un consenso en las opiniones vertidas.

- En el trabajo realizado en el jardín, se apreció un desarrollo importante de aspectos esenciales para la calidad del trabajo colaborativo. Estos aspectos se comentan a continuación.
- El intercambio de puntos de vista para la realización de las actividades permitió que se manifestara el conflicto cognitivo, lo cual benefició el desarrollo de conocimientos y posibilitó, a la vez, la reestructuración de los esquemas de conocimiento (aun teniendo perfiles diferentes), por lo cual, el diálogo permitió llegar a un consenso.
- La responsabilidad asignada a cada miembro de los equipos y el reconocimiento de la tarea individual como aporte al grupo, posibilitó que los estudiantes fuesen más activos y cooperativos en las tareas desarrolladas.

- Los diferentes de puntos de vista favorecieron el aprendizaje de todos los estudiantes. Con el trabajo realizado en cada equipo, se observó que los estudiantes se enseñaban unos a otros, así como la aceptación de las diferencias personalidades.

El ABPC tiene como supuesto principal la valoración de la diversidad, pues la diversidad enriquece el trabajo, de modo que modifica las relaciones del grupo en cantidad y calidad, puesto que compensa las dificultades de socialización y que el enfoque interdisciplinario propicia mejores relaciones de trabajo en el colectivo de estudiantes.

Conclusiones

El Aprendizaje Basado en Proyectos Colaborativo (ABPC) es más que el simple trabajo en equipo por parte de los estudiantes, la idea que lo sustenta es que los estudiantes forman “pequeños equipos” después de haber recibido instrucciones del profesor.

Cuando se emplea el ABPC como estrategia innovadora para el aprendizaje, la labor del docente es principalmente la de incentivar a los estudiantes, especialmente a aquellos que presentan resistencia al cambio de metodologías de aprendizaje o con experiencias de fracaso en procesos investigativos o que poseen bajo nivel de curiosidad y no desean iniciar un proceso creativo de búsqueda de solución de problemas, trabajando colaborativamente.

Referencias

- Facultad de Arquitectura (2012) Manual de criterios de diseño en jardines urbanos, Universidad de San Carlos de Guatemala
- Machado, Pablo Prof. (2014) Curso de jardinería y paisajismo, Modulo 1. 2014.
- Maldonado Pérez, Marisabel (2008) APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS COLABORATIVOS. Una experiencia en educación superior. Laurus, Vol. 14, Núm. 28, septiembre-noviembre, 2008, pp. 158-180 Universidad Pedagógica Experimental Libertador Venezuela

Referencias electrónicas

- Caballero, N.J. (coord.). 2012. Jardines botánicos: contribución a la conservación vegetal de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/emcv/pdf/JardinesBotanicos_baja.pdf
- Cuervo Calle, Juan José (200) Habitar y diseñar. El diseño como base hacia una teoría del habitar. Revista KEPES Año 6 No. 5 enero-diciembre 2009. http://200.21.104.25/kepes/downloads/Revista5_12.pdf
- ITESM (2010) Qué es aprendizaje significativo. Investigación e innovación educativa. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México 2010 http://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/ac/qes.htm
- Mauri Majós, Teresa y otros (2006). Análisis y resolución de casos-problema mediante el aprendizaje colaborativo. Localización: RUSC. Universities and Knowledge Society Journal, ISSN-e 1698-580X, Vol. 3, Nº. 2, 2006. Dialnet Revista en línea <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2126327>

Estrategias de enseñanza basadas en dispositivos móviles para los estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales

K. Torres Ramírez^{1*}, H. Méndez Jiménez²

¹Ingeniería en Sistemas Computacionales, Universidad Justo Sierra, Eje Central Lázaro Cárdenas No. 1150, Col. Nueva Industrial Vallejo, Del. Gustavo A. Madero, C.P. 07770, México D. F., México

²Dirección de Innovación y Modernización, Gobierno del Distrito Federal, Avenida Tlaxcoaque No. 8, Col. Centro Del. Cuauhtémoc, C.P. 06090, México D. F., México

*ktorresr@ujsierra.com.mx

Área de participación: Investigación Educativa

Resumen

El aprendizaje móvil se está posicionando en las Instituciones Educativas como una nueva alternativa de apoyo al proceso educativo. Los dispositivos móviles tienen grandes posibilidades educativas, ya que su uso en el aula *fomenta, impulsa y favorece el desarrollo de las competencias básicas*, además consiguen que el proceso de enseñanza-aprendizaje se modifique para adaptarse al encuadre que proporciona su utilización.

Dadas las ventajas que el uso de dispositivos móviles representa, el presente trabajo tiene como finalidad ser uno de los motores que impulsen la utilización de dispositivos móviles en el aula, al plantear el desarrollo de un conjunto de estrategias de enseñanza basadas en dichos dispositivos y que se pretende sirvan para reforzar los conocimientos y habilidades básicas que conforman el perfil de egreso de la Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Palabras clave: estrategia, enseñanza, dispositivos móviles.

Abstract

Mobile learning is being positioned in Educational Institutions as a new alternative for supporting the educational process. Mobile devices have great educational possibilities, because their use in the classroom promotes, drives and assist the development of basic competencies, even more, they get to modify the teaching-learning process to be adapted to the frame that their usage provides.

Given the advantages that the usage of mobile devices represents, the current work has as its purpose to be one of the engines driving the usage of mobile devices in the classroom, by outlining the development of a set of teaching strategies based on such devices and that are intended to reinforce the knowledge and basic skills that define the graduate profile of the Bachelor of Computer Systems Engineering.

Introducción

La incursión de las tecnologías de la información en el campo de la educación es evidente, lo que ha dado paso a la aparición de conceptos como e-learning y su adaptación a los dispositivos móviles, surgiendo así el concepto de Mobile Learning; ambos conceptos, permiten crear nuevos escenarios de aprendizaje sin importar tiempo y espacio. Las instituciones educativas deben conocer y utilizar estos nuevos escenarios de comunicación, deben replantear las actividades tradicionales de enseñanza para ampliarlas y complementarlas con nuevas actividades y recursos de aprendizaje basados en las nuevas tecnologías de la información, por lo que es necesario identificar de qué forma el sector educativo puede beneficiarse con el uso del Mobile Learning.

El trabajo de investigación que aquí se plantea consiste entonces, en generar nuevos espacios de aprendizaje que beneficien a los alumnos de Ingeniería en Sistemas Computacionales utilizando las ventajas que los

dispositivos móviles representan, para lo cual se ha establecido la siguiente justificación y por consiguiente un conjunto de objetivos a alcanzar.

Justificación

El proyecto pretende:

- Ser una herramienta de apoyo que permita reforzar los conocimientos y habilidades básicas de los estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales.
- Ser una herramienta innovadora y atractiva para los alumnos, de tal forma que el uso de su dispositivo móvil en el proceso de enseñanza los invite a estar en constante búsqueda de conocimientos.

Objetivos

Objetivo General. Desarrollar estrategias de enseñanza basadas en dispositivos móviles para mejorar los aprendizajes de estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Objetivos Particulares.

- Seleccionar los conocimientos y habilidades básicas del perfil de egreso que serán apoyadas con el desarrollo de estrategias basadas en dispositivos móviles.
- Determinar los contenidos, roles y actividades que formarán parte de las estrategias de enseñanza.
- Seleccionar el diseño más adecuado para el desarrollo de las estrategias de enseñanza móvil.
- Implementar el diseño de las estrategias de enseñanza móvil.

Para alcanzar los objetivos planteados el proyecto pretende seguir el enfoque de investigación mixto. Los métodos mixtos de investigación implican la recolección, análisis e integración de datos cualitativos y cuantitativos. Se fundamentan en el pragmatismo.

Por pragmatismo debemos entender la "búsqueda de soluciones prácticas y trabajables para efectuar investigación, utilizando los criterios y diseños que son más apropiados para un planteamiento, situación y contexto en particular." (Hernández, 2010).

Metodología

Marco Conceptual.

Estrategias de enseñanza.

Se definen como los procedimientos o recursos utilizados por el agente de enseñanza para promover aprendizajes significativos. Se pueden clasificar en estrategias preinstruccionales, coinstruccionales y posinstruccionales. Otra clasificación: estrategias de activación de conocimientos previos y generación de expectativas apropiadas. (Díaz, 2002)

Estrategias de aprendizaje.

Es un procedimiento que un alumno adquiere y emplea de forma intencional como instrumento flexible para aprender significativamente y solucionar problemas y demandas académicas. Se pueden clasificar en estrategias de elaboración, de recirculación de la información, de organización y recuperación. (Díaz, 2002)

M-learning.

El aprendizaje móvil puede ser ampliamente definido como la explotación de tecnologías ubicuas de mano, junto con las redes de teléfonos inalámbricos y móviles, para facilitar, apoyar, mejorar y ampliar el alcance de la enseñanza y el aprendizaje.

Dispositivo móvil.

Es un procesador con memoria que tiene muchas formas de entrada como es el teclado, pantalla, botones, etc., también formas de salida como texto, gráficas, pantalla, vibración, audio, cable. Algunos dispositivos móviles

ligados al aprendizaje son los teléfonos celulares, asistentes personales digitales (PDA), reproductores de audio portátil, iPods, etc.; conectados a Internet, o no necesariamente conectados.

Marco Teórico.

Características del aprendizaje móvil.

El uso de los dispositivos móviles en los procesos de enseñanza-aprendizaje presenta una serie de ventajas, entre las que destacan:

Ventajas de tipo funcional:

- Aprendizaje anytime & anywhere: Ya no se requiere estar en un lugar particular ni a una hora dada para aprender. El dispositivo móvil puede ser usado en cualquier parte y en cualquier momento.
- Los dispositivos móviles posibilitan la interacción instantánea entre alumno-profesor, facilitando de una forma “anónima” y automática la retroalimentación por parte del profesor, la correcta comprensión de determinadas lecciones, temas, etc.
- Tecnología más barata: El coste de adquisición de un dispositivo móvil es notablemente inferior al de una PC, lo cual puede contribuir también a reducir la brecha digital.
- Aprendizaje colaborativo: La tecnología móvil favorece que los alumnos puedan compartir el desarrollo de determinadas actividades con distintos compañeros, creando grupos, compartiendo respuestas, etc.
- Los dispositivos móviles facilitan el aprendizaje exploratorio, el aprender sobre el terreno, explorando, experimentando y aplicando a la vez que se aprende la lección.

Ventajas pedagógicas:

- Puede ser utilizado para incentivar experiencias de aprendizaje independientes o grupales.
- Ayuda a los estudiantes a identificar las áreas donde necesitan ayuda y respaldo.
- Ayuda a eliminar algo de la formalidad de la experiencia de aprendizaje e involucra a estudiantes renuentes quienes están familiarizados desde la niñez con máquinas de juegos como PlayStations o GameBoys, por lo tanto, esta familiaridad con la tecnología mantiene sus niveles de interés.
- Ayuda a los estudiantes para que permanezcan enfocados y calmados durante las sesiones de clases por períodos más largos.
- Enriquece, anima y brinda variedad a las lecciones o cursos convencionales.
- Proporciona a menudo actividades intercurriculares, aspecto clave para involucrar a los docentes a que introduzcan actividades m-learning dentro del salón de clase

Proyectos Educativos MLearning.

Algunos de los proyectos de aprendizaje móvil con mayores relevancias son los siguientes:

- From Elearning to Mlearning: Este proyecto es dirigido por Ericson Education Ireland, desarrollando cursos para teléfono móviles, smarthphones y PDAs. Lo importante de este proyecto fue que abordó por primera vez el problema pedagógico del desarrollo de aprendizaje móvil en PDAs realizando ambientes didácticos confortables por medio de Microsoft Reader Works.
- The MLearning Project: Tuvo una inversión de 4.5 millones de euros, iniciado en 2002 y finalizado en Septiembre de 2004. Su importante dimensión social fue tratar de motivar y cubrir los rezagos educativos de los jóvenes entre 16 y 20 años que se encontraban desempleados, colocando cursos en sus teléfonos móviles en el campo de literatura, aritmética y relaciones sociales.
- The MOBILearn project: Proyecto financiado con 6 millones de euros. Formados por 24 socios de la comunidad europea, Israel, Suiza, USA y Australia. Su objetivo principal fue la definición de modelos de soporte teóricos y validaciones empíricas para la efectiva enseñanza, aprendizaje, tutorías en ambientes móviles, diseño instruccional y desarrollo de contenidos elearning para aprendizaje móvil, desarrollo de una arquitectura referencial para aprendizaje móvil, entre otras.

Estrategias de aprendizaje móvil, una propuesta teórica para su diseño

El diseño de estrategias de aprendizaje móvil, implica por parte del docente la toma de conciencia sobre la naturaleza del proceso de formación a través de dispositivos móviles. Así como, el reconocimiento por parte de él, de que este proceso tiene sus limitaciones y múltiples beneficios.

A continuación se muestran dos imágenes del proceso que se propone debe seguir un docente que quiere diseñar estrategias de enseñanza mediadas por dispositivos móviles.

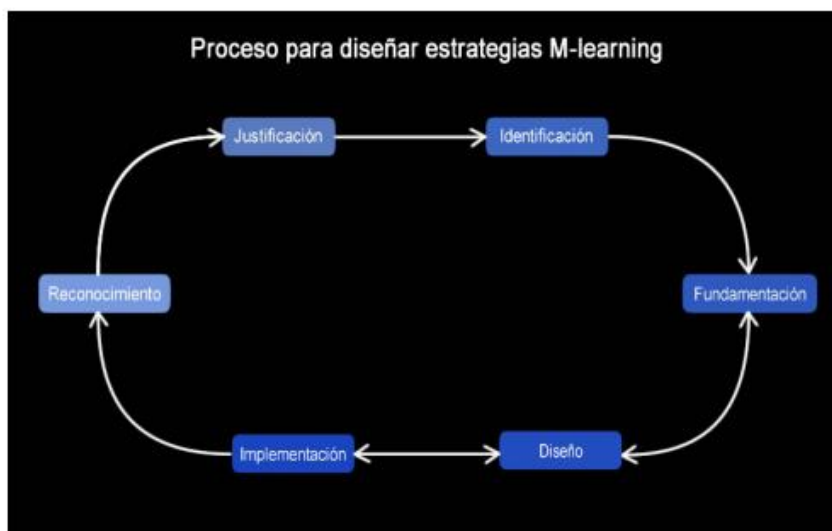


Figura 1. Proceso de diseño de estrategias de enseñanza móvil.

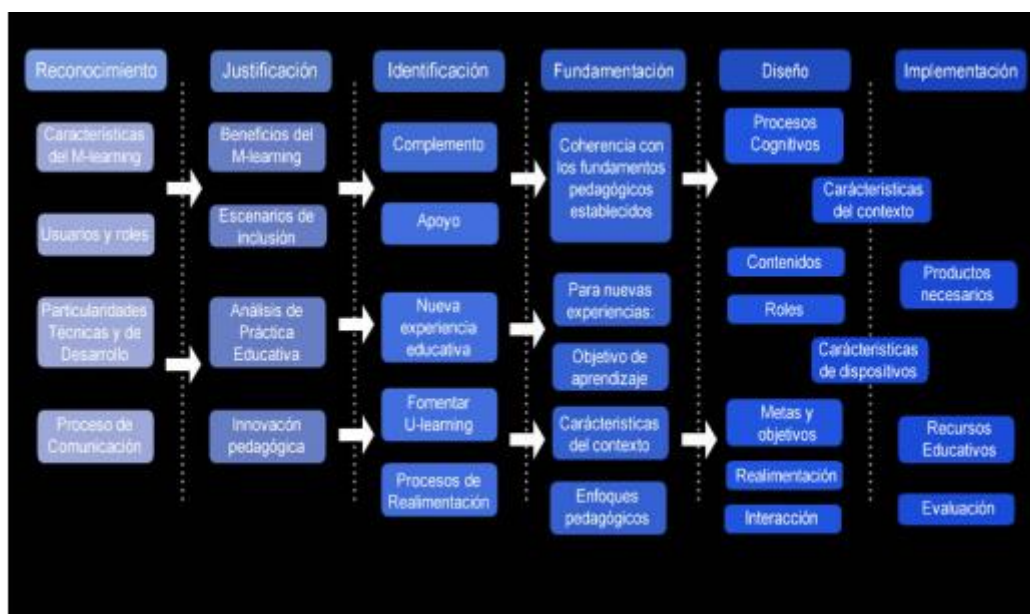


Figura 2. Elementos de cada una de las fases del modelo para el diseño de estrategias de enseñanza móvil.

Diseño Metodológico

Enfoque de Investigación

El presente trabajo se desarrollará con base en el enfoque de métodos mixtos. Los métodos mixtos de investigación implican la recolección, análisis e integración de datos cualitativos y cuantitativos.

Algunas de las bondades del enfoque mixto son: perspectiva más amplia y profunda, mayor teorización, datos más “ricos” y variados, creatividad, indagaciones más dinámicas, mayor solidez y rigor, mejor “exploración y explotación” de los datos.

Los métodos mixtos de investigación involucran un diseño propio, podemos mencionar algunos como: diseños concurrentes, diseños secuenciales, diseños de conversión y diseños de integración.

Los resultados o inferencias que se generan en un enfoque mixto pueden ser de tres tipos: inferencias cuantitativas, inferencias cualitativas e inferencias mixtas o también denominadas metainferencias.

Para fines del proyecto de investigación la recolección de datos se basará en un cuestionario en el que los ítems permitan la obtención de datos cualitativos y cuantitativos para posteriormente realizar el análisis de datos siguiendo el enfoque mixto.

Método Hipotético-Deductivo

En la investigación se seguirán las siguientes fases:

1. Observación del problema
2. Construcción de la hipótesis
3. Deducción de las consecuencias de la hipótesis
4. Prueba de la hipótesis
5. Confirmación de la hipótesis

Tipo de alcance Correlacional

Conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular.

En la presente investigación se relacionarán variables: la mejora de aprendizajes (dependiente) y uso de dispositivos móviles (independiente).

Resultados y discusión

Diseño del Instrumento

Para la recolección de datos se realizó un cuestionario que se define como un conjunto de preguntas sobre los hechos o aspectos que interesan en una investigación y que son contestadas por los encuestados. Se trata de un instrumento fundamental para la obtención de datos.

P1- ¿Qué tipo de dispositivo móvil utiliza?

- Teléfono celular
- Smartphone
- Tablet
- Otro

Seleccione una o más opciones

**P2- ¿Qué funciones tiene su dispositivo móvil?
(puede marcar más de una)**

- Reproductor de MP3
- Cámara fotográfica
- Grabadora de voz
- Grabadora video
- Procesador de palabras
- Hoja de cálculo
- Visor de PDF
- Visor de Power Point
- Acceso a Internet
- Acceso a redes sociales (Facebook, Twitter, etc)
- Acceso de videos (Youtube)
- Correo electrónico
- Otro

Seleccione una o más opciones

P3– Personalmente, ¿qué uso le da a su dispositivo móvil?

- Llamar por teléfono
- Escuchar música
- Tomar fotografías
- Enviar mensajes de texto
- Redactar documentos (procesador de palabras)
- Elaborar hojas de cálculo
- Ver documentos PDF
- Ver documentos Power Point y Word
- Navegar en Internet
- Usar el correo electrónico
- Participar en redes sociales (Facebook, Twitter, etc)
- Otro

Seleccione una o más opciones

P4– De manera general, ¿cuál diría usted que es el uso más frecuentes que le da a su dispositivo móvil?

- Entretanimiento
- Comunicación
- Trabajo
- Escuela / estudiar
- Otro

Seleccione sólo una opción

P5– ¿Con qué frecuencia entra a Internet con su dispositivo móvil?

- Varias veces al día
- Al menos una vez al día
- Algunas veces a la semana
- Algunas veces al mes
- No entro a Internet con el móvil

Seleccione sólo una opción

P6– ¿Creé usted que un dispositivo móvil puede tener alguna utilidad para las personas que estudian?

- Sí
- No
- No sé

Seleccione sólo una opción

P7– Explique por qué

P8– En un curso a distancia donde se usen dispositivos móviles, ¿qué funciones creé usted que podrían ser más útiles para los estudiantes de ese curso?

- Cámara fotográfica
- Grabadora de voz
- Grabadora de video
- Procesador de palabras
- Hoja de cálculo
- Visor de documentos PDF
- Visor de documentos Word, Power Point
- Acceso a Internet
- Acceso a redes sociales
- Acceso a Youtube
- Correo electrónico

Seleccione una o más opciones

P9– ¿Le interesaría a usted tomar un curso a distancia donde el dispositivo móvil sea una de las herramientas para el estudio?

- Sí
- No
- No sé

Seleccione sólo una opción

P10- Si tuviera la oportunidad de estudiar un curso a distancia con el uso de un dispositivo móvil, ¿qué tipo de curso le gustaría?

P11- De las funciones de su dispositivo móvil que usa con mayor frecuencia, ¿cuáles utilizaría para un curso a distancia?

P12- ¿Cuáles considera que serían las principales limitaciones u obstáculos que tendría usted para utilizar un dispositivo móvil para estudiar un curso? (puede elegir más de una)

- Capacidad de almacenamiento (memoria)
- Tamaño de la pantalla
- Tamaño del teclado
- Problemas de cobertura
- Duración de la batería
- Dificultad para manejar todas las funciones del móvil
- Desconocimiento de las funciones del móvil
- Mi paquete no incluye Internet
- Diferencias en los costos
- Otro

Seleccione una o más opciones

P13- ¿Consideras que el uso de dispositivos móviles te ayuda en tu proceso de enseñanza-aprendizaje?

- Sí
- No
- No sé

Seleccione sólo una opción

P14- ¿Qué tipo de estrategias de aprendizaje te gustaría encontrar en la aplicación?

Escriba texto, sea tan amplio como desea

Figura 3. Cuestionario para la recolección de datos

Validación, Pilotaje y confiabilidad

Para la presente actividad se procedió a aplicar el instrumento a 17 alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales de una Universidad privada del Distrito Federal de donde se obtuvieron los siguientes resultados.

1. El 82.35% de los alumnos cuenta con un dispositivo móvil inteligente o también conocido como Smartphone, lo que significa que este tipo de dispositivos puede ser de gran utilidad para el proceso de enseñanza aprendizaje.
2. La mayoría de los alumnos cuentan con dispositivos móviles con una gran variedad de funcionalidades entre las más importantes para la realización del proyecto se consideran: acceso a Internet, visor de PDF, correo electrónico, acceso a video.
3. La mayoría de los alumnos utiliza su dispositivo móvil para navegar en Internet, cabe resaltar que la participación en redes sociales y ver documentos en PDF son de las actividades más populares.
4. El uso más frecuente que se le da a los dispositivos móviles es el de la comunicación, seguido por las actividades de entretenimiento, cabe resaltar que el ítem "Escuela/estudiar" sólo es del 5.88%
5. La frecuencia de acceso a Internet a través del dispositivo móvil es del 100%.
6. El 100% de los alumnos considera que los dispositivos móviles son de utilidad para las personas que estudian.
7. Los alumnos consideran de gran utilidad que los dispositivos móviles se puede llevar a todas partes, por lo que es accesible a cualquier hora del día y en cualquier lugar.
8. Los alumnos consideran que las funciones más importantes de los dispositivos móviles son: el acceso a Internet, el visor de documentos PDF y el correo electrónico.

9. Los alumnos están interesados (82.4%) en tomar un curso a distancia donde la herramienta se utilice a través de dispositivos móviles.
10. Los alumnos consideran de importancia tomar cursos sobre el área de tecnologías de la información (Business Intelligence, Programación de aplicaciones móviles).
11. El acceso a Internet es la función que los alumnos más utilizarían en un curso a distancia a través de dispositivos móviles.
12. Los alumnos consideran que las principales limitaciones para el uso de dispositivos móviles para estudiar en un curso son: duración de la batería, problemas de cobertura, tamaño de la pantalla y capacidad de almacenamiento.
13. La mayoría de los alumnos coinciden en que el uso de dispositivos móviles les ayuda en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
14. La mayoría de los alumnos coinciden en que les gustaría acceder a estrategias de enseñanza en su dispositivo móvil:
 - Estrategias de lectura rápida, ejercicios de memoria, trivias de diferentes áreas como tecnología, cine, etc., ejercicios para agilidad mental pruebas matemáticas, exámenes.

Trabajo a futuro

Una vez que se han identificado los usos que los alumnos le dan a su dispositivo móvil el siguiente paso será seleccionar el conjunto de estrategias de enseñanza que se implementaran con base en el diseño planteado, así como el sistema operativo y lenguaje de programación a utilizar para su implementación.

Conclusiones

A manera de conclusión se determina que actualmente se tienen identificados los objetivos generales y específicos que se pretenden alcanzar, así como la metodología utilizada y una propuesta del diseño de las estrategias.

Se espera que al concluir el proyecto realmente permita mejorar los aprendizajes de los estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales, así mismo que la herramienta desarrollada sea innovadora y atractiva para los estudiantes.

Referencias

1. Cabrera, P. (2012). Dispositivos móviles en la educación: Percepción de los usuarios sobre los dispositivos móviles como herramienta de aprendizaje. Recuperado de http://educoas.org/portal/la_educacion_digital/147/pdf/EAP_ILCE_EN.pdf
2. Díaz, B. (2002). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista. Recuperado de <http://jeffreydiaz.files.wordpress.com/2008/08/estrategias-docentes-para-un-aprendizaje-significativo.pdf>.
3. Hernández, S. (2010). Metodología de la Investigación. Quinta edición. México. Editorial McGraw Hill.
4. ISEA. (2009). MOBILE LEARNING, Análisis prospectivo de las potencialidades asociadas al Mobile Learning.
5. Izarra, C. (2010). Mobile Learning. Recuperado de <http://carolinaizarra.wordpress.com/81-2/>
6. Sigalés, C. (2002). El potencial interactivo de los entornos de enseñanza y aprendizaje en la Educación a Distancia en M.G. Ortiz y M.S. Pérez (comps.). Hacia la construcción de la sociedad del aprendizaje. México. Universidad de Guadalajara.