



## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Teoría Electromagnética
<b>Clave de la asignatura:</b>	AEF-23113
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	3-2-5
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Electrónica e Ingeniería en Semiconductores

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura

La asignatura de Teoría Electromagnética consiste en el análisis de los campos electromagnéticos y su comportamiento sobre los diferentes medios. Por tal motivo, esta asignatura le permite al estudiante desarrollar las habilidades necesarias para aplicar los conceptos de campos electromagnéticos principalmente dentro de las áreas de comunicaciones e instrumentación.

Esta asignatura aporta al perfil de egreso, los siguientes atributos: Innova y aplica tecnología utilizando métodos y procedimientos en proyectos de ingeniería en semiconductores, tomando en cuenta el desarrollo sostenible del entorno. Fundamenta, realiza y colabora en proyectos de investigación para desarrollar soluciones a problemas de ingeniería complejos considerando el desarrollo sostenible y el bienestar humano.

La importancia de esta materia se encuentra en los fundamentos que rigen y explican el comportamiento de las ondas y su propagación, tanto por medios guiados (líneas de transmisión y guías de onda) como no guiados (antenas).

También, se relaciona con la materia de Electromagnetismo, en los temas de campo eléctrico y campo magnético, considerando las leyes que los rigen. A su vez, aporta saberes previos para la asignatura de Comunicaciones Digitales, en los temas de ondas electromagnéticas, líneas de transmisión y antenas.

### Intención didáctica

La asignatura se desarrollará en cuatro temas donde se tratarán los conceptos y aplicaciones de Ecuaciones de Maxwell y propagación de las ondas electromagnéticas, líneas de Transmisión, guías de onda y antenas.

El primer tema analiza las ecuaciones de Maxwell, en la propagación de las Ondas Electromagnéticas utilizando las matemáticas para el planteamiento y solución de problemas de ingeniería.

El segundo tema trata de las líneas de transmisión y sus métodos de acoplamiento para minimizar las pérdidas, aplicando los conceptos fundamentales que describen el funcionamiento y operación de las líneas de transmisión para su diseño e implementación orientado a la solución de problemas

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



El tercer tema aborda las guías de onda y del análisis de la propagación de las ondas electromagnéticas, orientado a la solución de problemas de su entorno profesional.

El último tema aplica la teoría electromagnética a los diferentes sistemas de comunicación inalámbrica a través de las antenas para su diseño e implementación orientado a la solución de problemas de su entorno profesional.

El docente que imparta esta asignatura debe tener amplia experiencia profesional en el manejo de líneas de transmisión, guías de onda y antenas, además debe ser un profesor con las competencias docentes necesarias que le permitan optimizar las herramientas en forma adecuada para facilitar el aprendizaje y motivar a los estudiantes a obtener y aplicar los conocimientos, además debe fomentar el trabajo en equipo, el aprendizaje autónomo y el aprendizaje basado en proyectos o en problemas.

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, del 24 al 28 de agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Cajeme, Celaya, Chapala, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Cosamaloapan, Cautla, Culiacán, Durango, Ecatepec, Ensenada, Hermosillo, Irapuato, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Lerma, Los Mochis, Matamoros, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Nuevo Laredo, Orizaba, Piedras Negras, Reynosa, Salina Cruz, Saltillo, Sur De Guanajuato, Tantoyuca, Tijuana, Toluca, Tuxtepec, Veracruz y Xalapa.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.
Instituto Tecnológico de Mexicali, del 25 al 29 de enero del 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Cajeme, Celaya, Chapala, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Cosamaloapan, Cautla, Durango, Ecatepec, Ensenada, Hermosillo, Irapuato, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Lerma, Los	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.



	Mochis, Matamoros, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Nuevo Laredo, Orizaba, Piedras Negras, Reynosa, Salina Cruz, Saltillo, Sur De Guanajuato, Tantoyuca, Toluca, Tuxtepec, Veracruz y Xalapa.	
Instituto Tecnológico de la Laguna, del 26 al 29 de noviembre de 2012.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Orizaba, Querétaro, Celaya, Aguascalientes, Alvarado, Cuautitlán Izcalli, La Laguna y Lerdo.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río, Celaya, Mérida, Orizaba, Puerto Vallarta y Veracruz.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.
Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua, Coacalco, Coatzacoalcos, Durango, Ecatepec, La Laguna, Lerdo, Matamoros, Mérida, Mexicali, Motul, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo, Santiago Papasquiario, Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec. Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).	Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.

#### 4. Logro formativo a desarrollar en la asignatura

<b>Saberes, habilidades y destrezas de la asignatura</b>
Aplica las leyes electromagnéticas para analizar, identificar y evaluar los parámetros para el funcionamiento y operación de Líneas de Transmisión, Guías de Onda y Antenas. Calcula acoplamientos para Líneas de Transmisión, guías de onda y diseña antenas.



## 5. Saberes, habilidades y destrezas previas

- Aplica los conceptos del cálculo diferencial e integral a las definiciones y leyes fundamentales del electromagnetismo para la solución de problemas.
- Aplica los conceptos del análisis vectorial en los campos vectoriales y escalares que rigen las leyes fundamentales del electromagnetismo para la solución de problemas.
- Aplica los conceptos de ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales aplicados a los campos eléctricos y magnéticos para la solución de los problemas.
- Comprende, simula e implementa conocimientos prácticos para crear los Campos Eléctricos y Magnéticos para su aplicación en la solución de problemas.
- Aplica el álgebra de números complejos y el método de fasores aplicados al campo electromagnético.
- Utiliza las TIC's para resolver problemas que requieran de este apoyo.
- Trabaja en equipo en proyectos del curso y de la carrera.
- Aplica los fundamentos de la investigación en proyectos.
- Interaccionar con sus compañeros manteniendo una actitud ética.

## 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Ecuaciones de Maxwell y Propagación de las ondas electromagnéticas.	1.1. Introducción a la electrostática y magnetostática desde un enfoque histórico para deducir las Ecuaciones de Maxwell. 1.2. Forma integral y Diferencial de las Ecuaciones de Maxwell y sus aplicaciones. 1.3. La ecuación de onda. Ondas viajeras y ondas planas uniformes 1.4. Propagación de las Ondas Electromagnéticas Planas en medios con y sin pérdidas. 1.5. Polarización, Potencia y Vector Poynting. 1.6. Reflexión de Ondas en incidencia normal y oblicua.
2	Líneas de Transmisión.	2.3. Ecuaciones y parámetros de las líneas de transmisión. 2.4. Comportamiento de la línea de transmisión con carga, Impedancia de entrada y Relación de Onda Estacionaria. 2.5. Carta de Smith. 2.6. Acoplamiento de una línea de transmisión. 2.7. Análisis y diseño con líneas de transmisión.



		2.8. Ecuaciones de Maxwell aplicadas a líneas de transmisión. Líneas de transmisión de microcintas
3	Guías de onda.	3.1. Ecuaciones y parámetros de las guías de onda rectangulares. 3.2. Análisis de los Modos magnéticos transversales (MT). 3.3. Análisis de los Modos eléctricos transversales (ET). 3.4. Propagación de las ondas en la guía de onda. 3.5. Transmisión de potencia y atenuación. 3.6. Resonadores y filtros en las guías de onda.
4	Antenas.	4.1. Parámetros y características básicas de una antena. 4.2. Radiación. 4.3. Análisis del dipolo eléctrico elemental y de media onda. 4.4. Análisis de otros tipos de antena especiales. 4.5. Adaptación de antenas. 4.6. Arreglos de antena. 4.7. Área efectiva y fórmula de transmisión de Friis.

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Ecuaciones de Maxwell y Propagación de las ondas electromagnéticas.	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Analiza, comprende y aplica las Ecuaciones de Maxwell, en la propagación de las Ondas Electromagnéticas utilizando las matemáticas para el planteamiento y solución de problemas de ingeniería.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>● Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>● Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>● Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación.</li> <li>● Capacidad de investigación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Propiciar la utilización de las matemáticas para el planteamiento y obtención de las Ecuaciones de Maxwell en su forma integral y diferencial necesarias para la solución de problemas dentro de la Teoría Electromagnética mediante la participación del estudiante durante y fuera de la clase.</li> <li>● Desarrollar en el estudiante actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y a la solución de problemas.</li> <li>● Buscar y seleccionar información en textos, Internet, etc. sobre las aplicaciones de las Ecuaciones de Maxwell y la propagación de la</li> </ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> </ul>	<p>onda electromagnética para así elaborar resúmenes, ensayos, mapas conceptuales, etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar en el estudiante el análisis, comprensión y aplicación de las Ecuaciones de Maxwell y de manera especial en la propagación de las Ondas Electromagnéticas a través de la realización de prácticas de laboratorio y/o simulaciones con software para el área.</li> </ul>
<b>2. Líneas de Transmisión</b>	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Analiza, comprende y aplica los conceptos fundamentales que describen el funcionamiento y operación de las líneas de transmisión para su diseño e implementación orientado a la solución de problemas de su entorno profesional.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>• Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación.</li> <li>• Capacidad de investigación.</li> <li>• Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar en el estudiante actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y a la solución de problemas.</li> <li>• Desarrollar actividades que permitan la aplicación de las leyes electromagnéticas en líneas de transmisión.</li> <li>• Proponer problemas que fomenten en el estudiante el analizar, identificar y evaluar los parámetros para el funcionamiento y operación de las líneas de transmisión.</li> <li>• Promover el diseño de líneas de transmisión a través de la solución de problemas o estudio de casos.</li> <li>• Propiciar la búsqueda, selección y utilización de software para el diseño de líneas de transmisión.</li> <li>• Proponer actividades que hagan al estudiante indagar, comparar, evaluar y seleccionar líneas de transmisión para algún tipo de operación, como pueden ser prácticas de laboratorio, visitas a empresas o estudios de casos.</li> </ul>
<b>3. Guías de onda</b>	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Analiza, comprende y aplica los conceptos fundamentales que describen el funcionamiento y operación de las guías de</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar en el estudiante actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la</li> </ul>



<p>onda para su diseño e implementación orientado a la solución de problemas de su entorno profesional.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>● Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>● Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>● Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación.</li> <li>● Capacidad de investigación.</li> <li>● Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.</li> <li>● Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>● Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>● Habilidades interpersonales.</li> <li>● Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> </ul>	<p>investigación, la aplicación de conocimientos y a la solución de problemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Desarrollar actividades que permitan la aplicación de las leyes electromagnéticas en guías de onda.</li> <li>● Proponer problemas que fomenten en el estudiante el analizar, identificar y evaluar los parámetros para el funcionamiento y operación de las guías de onda.</li> <li>● Promover el diseño de guías de onda a través de la solución de problemas o estudio de casos.</li> <li>● Propiciar la búsqueda, selección y utilización de software para el diseño de guías de onda.</li> <li>● Proponer actividades que hagan en el estudiante indagar, comparar, evaluar y seleccionar guías de onda para algún tipo de operación, como pueden ser prácticas de laboratorio, visitas a empresas o estudios de casos.</li> </ul>
<p align="center"><b>4. Antenas.</b></p>	
<p>Saberes, habilidades y destrezas</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Analiza, comprende y aplica los conceptos fundamentales que describen el funcionamiento y operación de antenas para su diseño e implementación orientado a la solución de problemas de su entorno profesional.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>● Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>● Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>● Habilidades en el uso de las tecnologías de</li> <li>● la información y de la comunicación.</li> <li>● Capacidad de investigación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Desarrollar en el estudiante actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y a la solución de problemas.</li> <li>● Desarrollar actividades que permitan la aplicación de las leyes electromagnéticas en Antenas.</li> <li>● Proponer problemas que fomenten en el estudiante el analizar, identificar y evaluar los parámetros para el funcionamiento y operación de las Antenas.</li> <li>● Promover el diseño de Antenas a través de la solución de problemas o estudio de casos.</li> <li>● Propiciar la búsqueda, selección y utilización de software para el diseño de Antenas.</li> </ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades para buscar, procesar y analizar</li> <li>• información procedente de fuentes diversas.</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proponer actividades que hagan en el estudiante indagar, comparar, evaluar y seleccionar</li> <li>• Antenas para algún tipo de operación, como pueden ser prácticas de laboratorio, visitas a empresas o estudios de casos.</li> </ul>
--	---

## 8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar la propagación de la onda electromagnética, su polarización y potencia mediante simulaciones a través de un software matemático.</li> <li>• Comprobar el funcionamiento de una antena de media longitud de onda.</li> <li>• Analizar el patrón de radiación de una antena mediante simulaciones a través de un software.</li> <li>• Comprobar el funcionamiento de un arreglo de antenas con medidores de campo.</li> <li>• Simular el comportamiento de una Línea de Transmisión a través de su circuito equivalente.</li> <li>• Comprobar el comportamiento de una Línea de Transmisión y guías de onda con diferentes tipos de acoplamiento.</li> <li>• Analizar los diferentes tipos de acoplamiento de una línea de transmisión y guías de onda mediante simulaciones a través de software.</li> <li>• Analizar los patrones de radiación de antenas.</li> <li>• Diseño de antenas y arreglos de antenas para frecuencias específicas</li> </ul>
---

## 9. Proyecto de asignatura

<p>El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance del(los) logro(s) formativo(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fundamentación:</b> marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.</li> <li>• <b>Planeación:</b> con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.</li> <li>• <b>Ejecución:</b> consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de los saberes, habilidades y destrezas a desarrollar.</li> </ul>
--



- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

## 10. Evaluación de saberes, habilidades y destrezas

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje.

- El docente debe realizar evaluación diagnóstica, sumativa y final.
- Reportes escritos de las búsquedas de información y el análisis realizado durante las actividades propuestas, incluyendo conclusiones y observaciones.
- Resúmenes escritos de las investigaciones solicitadas de manera individual y en equipo.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos.
- Trabajos para estudio independiente en clase y extra clase.
- Reportes técnicos de prácticas de laboratorio y de campo.
- Participación en talleres de discusión.
- Portafolio de evidencias que incluya la elaboración de un proyecto de diseño incluyendo: Cálculo y selección de dispositivos, análisis del circuito y simulación, diagramas (esquemático y del circuito impreso) y Prototipo final.

Los productos de aprendizaje e instrumentos de evaluación que se sugieren para el logro de las competencias de la asignatura son:

Productos de aprendizaje	Instrumentos de evaluación
Investigaciones	Lista de cotejo
Reportes técnicos de simulaciones	Guía de observación
Problemarios	Guía de observación
Informe técnico del proyecto	Rúbrica
Tareas	Guía de observación

## 11. Referencias

1. Ulaby, Fawwaz T., (2007) *Fundamentos de Aplicaciones en Electromagnetismo*. 5ª Edición Editorial Prentice Hall.
2. M. Sadiku, (2009) *Elementos de Electromagnetismo*, México Tercera Edición, Editorial Alfaomega.
3. David K Cheng, (1998) *Fundamentos de Electromagnetismo para Ingeniería*, México Primera Edición, Ed. Addison-Wesley Iberoamericana.
4. Hayt William H, (2006) *Teoría Electromagnética*, México, Séptima Edición, Editorial Mc Graw Hill.
5. Kraus John D., (2006) *Electromagnetismo con Aplicaciones*, México Quinta Edición, Editorial Mc Graw Hill.



6. Wentworth Stuart M., (2007) *Applied Electromagnetics: Early transmission lines approach*, First Edition, Editorial John Wiley & Sons.
7. Reitz John, (2000) *Fundamentos de la Teoría Electromagnética*, México 4ª edición Editorial Addison Wesley Logman.
8. Wangsness, Roald K., (2008) *Campos electromagnéticos*, México 1ª edición Editorial Limusa S.A. DE C.V.
9. Fogiel, M. (1988), *The Electromagnetics Problem Solver* Staff of Research and Education Association.
10. Fraile Mora, Jesús (2000) *Electromagnetismo y Circuitos eléctricos*, Editorial McGraw Hill.