

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Teoría Electromagnética
Clave de la asignatura:	ELE-1026
SATCA¹:	3-1-4
Carrera:	Ingeniería Eléctrica

2. Presentación

<p>Caracterización de la asignatura</p> <p>La teoría electromagnética es la ciencia que estudia la influencia de cargas eléctricas – en reposo y/o en movimiento- por medio de campos eléctricos, magnéticos, de conducción, los cuales pueden ser estáticos, cuasiestáticos o variables en el tiempo, en cuyo caso se trata de campo(s) electromagnético(s). Todo lo anterior desde un punto de vista de cargas eléctricas macroscópicas.</p> <p>El estudio de esta asignatura da al estudiante una comprensión analítico – sintética, correlación-conceptual-procedimental para estudiar y analizar dispositivos eléctricos orientados a las aéreas de generación de potencia eléctrica maquinaria eléctrica rotatoria, equipo eléctrico industrial de potencia y comunicaciones. Es importante porque proporciona los fundamentos científicos de toda la ingeniería eléctrica. Este conocimiento permite el modelado en esquemas guiados con conductores y no guiados e inalámbricos. También permite analizar problemas de antenas, guías de onda, cavidades resonantes, maquinas eléctricas, líneas de transmisión, redes eléctricas, dispositivos de balísticas electrónica y registro magnético.</p> <p>Esta asignatura aporta al perfil del ingeniero los conocimientos de las leyes de la teoría electromagnética y la capacidad para explicar los fenómenos de naturaleza electromagnética en los procesos eléctricos, electrónicos y los conocimientos para hacer un uso eficiente de la energía. Fomenta la cultura de la investigación y desarrollo tecnológico de problemáticas electromagnéticas.</p> <p>Para su integración se ha realizado un análisis de las leyes de teoría electromagnética, identificando los temas de esta teoría, que tienen mayor aplicación en el quehacer profesional del ingeniero eléctrico.</p> <p>Esta materia dará soporte a algunas áreas del conocimiento como máquinas eléctricas y fenómenos de interferencia electromagnética. Se encuentra insertada en el cuarto semestre de la trayectoria escolar; antes de cursar aquellas a las que da soporte.</p>
<p>Intención didáctica</p> <p>Se organiza el temario, en seis temas, agrupando los contenidos conceptuales de la asignatura en las cuatro primeros y deja las aplicaciones para el último.</p> <p>En el primer tema se retoman las herramientas de cálculo vectorial y se especifica su uso para el electromagnetismo. Se recomienda tomar esta unidad como un repaso de análisis vectorial, sin profundizar en las deducciones y solo hacer aplicaciones de la herramienta.</p> <p>En el segundo tema se aborda el tema de campos electrostáticos, considerándolos en el vacío y en medios materiales.</p> <p>La tema tres sirve para analizar los campos magnetostáticos y el cuarto enfatiza la inducción electromagnética.</p> <p>En el tema cinco, se analizan las ecuaciones de Maxwell y su operatividad matemática básica. También se encauzan aplicaciones postmaxwell (ecuación de onda, de difusión, líneas de transmisión).</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

En el último tema se estudiarán las propiedades magnéticas de los materiales y su aplicación en circuitos magnéticos.

La idea es, abordar reiteradamente los conceptos fundamentales hasta conseguir su comprensión. Se propone abordar los procesos electromagnéticos desde un punto de vista conceptual, partiendo de la identificación de cada uno de dichos procesos en el entorno cotidiano o el de desempeño profesional.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la observación y la experimentación, tales como: comprobación, verificación, medición, manejo y control de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja; por esta razón varias de las actividades prácticas se han descrito como actividades previas al tratamiento teórico de los temas, de manera que no sean una mera comprobación de lo visto en clase, sino una oportunidad para conceptualizar a partir de lo observado. En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor busque solo guiar a sus alumnos para que ellos hagan la elección de las variables a comprobar, verificar, medir y registrar. Para que aprendan a planificar, que no planifique el profesor todo por ellos, sino involucrarlos en el proceso de planeación.

La lista de actividades de aprendizaje no es exhaustiva, se sugieren sobre todo las necesarias para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje. Algunas de las actividades sugeridas pueden hacerse como actividad extra-clase y comenzar el tratamiento en clase a partir de la discusión de los resultados de las observaciones. Se busca partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante se acostumbre a reconocer los efectos electromagnéticos en su alrededor y no solo hable de ellos en el aula.

En las actividades de aprendizaje sugeridas, generalmente se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias concretas; se busca que el alumno tenga el primer contacto con el concepto en forma concreta y sea a través de la observación, la reflexión, la discusión y la experimentación que se dé la formalización; la resolución de problemas se hará después de este proceso.

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, Chetumal, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Coatzacoalcos, Culiacán, Durango, Hermosillo, La Laguna, Mérida, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Saltillo, Tlalnepantla, Valle De Bravo y Veracruz.	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, Chetumal, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Coatzacoalcos, Culiacán, Durango, Hermosillo, La Laguna, Mérida, Mexicali,	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.

	Orizaba, Pachuca, Saltillo, Tlalnepantla, Valle De Bravo y Veracruz.	
Instituto Tecnológico de la Laguna, del 26 al 29 de noviembre de 2012.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Chetumal, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Culiacán, Hermosillo, La Laguna, Mexicali, Oaxaca, Pachuca, Querétaro, Tuxtla Gutiérrez y Veracruz.	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, Motúl, 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. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura

Adquiere los conocimientos fundamentales de la teoría electromagnética para emplearlos de manera conjunta con herramientas analíticas, que permitan dar solución a ejemplos físicos, teóricos y prácticos que impliquen campos eléctricos y magnéticos

5. Competencias previas

Conoce los conceptos de las leyes y principios fundamentales de Electromagnetismo, desarrollando habilidades para la solución de problemas.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Cálculo vectorial aplicado a electromagnetismo.	1.1 Sistemas coordenados de referencia (cartesianas, esféricas y cilíndricas) 1.2 Álgebra vectorial (suma y multiplicaciones de vectores). 1.3 Diferenciación vectorial. 1.3.1 Derivada con respecto a una escalar. 1.3.2 Gradiente y operador nabla. 1.3.3 Divergencia, rotacional y Laplaciano. 1.3.4 Operaciones con el operador nabla. 1.4 Integración vectorial. 1.4.1 Integral de línea. 1.4.2 Integral de superficie. 1.5 Teoremas importantes del cálculo vectorial. 1.6 1.6.1 Teorema de la divergencia. 1.6.2 Teorema de Green. 1.6.3 Teorema de Stokes. Teorema de Helmholtz.
2	Campos Electrostáticos	2.1 Campos electrostáticos en el vacío. 2.1.1. Ley de Coulomb e intensidad de campo eléctrico. 2.1.2. Campos eléctricos debidos a distribuciones continuas de carga. 2.1.3. Densidad de flujo eléctrico. 2.1.4. Líneas de flujo eléctrico. 2.1.5. Ley de Gauss (Ecuación de Maxwell). Aplicaciones de esta ley. 2.1.6. Potencial eléctrico. 2.1.7. Ecuación de Poisson y Laplace. 2.1.8. Superficies equipotenciales. 2.1.9. Relación entre campo y potencial eléctrico. 2.1.10. El dipolo eléctrico. (Fuerza, campo y potencial eléctrico en cualquier punto del espacio). 2.1.11. Densidad de energía en los campos electrostáticos. 2.2. Campos electrostáticos en medios materiales. 2.2.1. Corriente de conducción y corriente de convección. 2.2.2. Polarización en dieléctricos. Constante y resistencia dieléctricas.

		<p>2.2.3. Dieléctricos lineales, isotrópicos y homogéneos.</p> <p>2.2.4. Ecuación de continuidad y tiempo de relajación.</p> <p>2.2.5. Problemas con valores en la frontera en electrostática.</p>
3	Campos magnetostáticos	<p>3.1. Campo magnético.</p> <p>3.2. Fuerza magnética.</p> <p>3.3. Par de torsión y momento magnético.</p> <p>3.4. Dipolo magnético.</p> <p>3.5. Ley de Biot-Savart.</p> <p>3.6. Ley de Ampere.</p> <p>3.7. Aplicaciones de la ley de Ampere.</p> <p>3.8. Ley de Gauss magnética (Ecuación de Maxwell).</p> <p>3.9. Potencial vectorial magnético</p>
4	Inducción electromagnética	<p>4.1. Ley de inducción de Faraday.</p> <p>4.2. Ley de Lenz.</p> <p>4.3. Inductores e inductancia. Energía magnética.</p> <p>4.4. Aplicaciones de la Ley de Faraday.</p>
5	Ecuaciones de Maxwell	<p>5.1. Ley de Faraday (forma diferencial e integral).</p> <p>5.2. Ley de Gauss (forma diferencial e integral).</p> <p>5.3. Ley circuital de Ampere (forma diferencial e integral).</p> <p>5.4. Significado físico de las ecuaciones de Maxwell.</p> <p>5.5. Ecuaciones de Maxwell en términos de potenciales.</p> <p>5.6. Ecuaciones de Maxwell en medios materiales.</p>
6	Propiedades magnéticas de la materia	<p>6.1. Magnetización de los materiales.</p> <p>6.2. Clasificación de los materiales magnéticos (diamagnetismo, paramagnetismo y ferromagnetismo).</p> <p>6.3. Circuitos magnéticos</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Cálculo vectorial aplicado a electromagnetismo.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Aplica la herramienta matemática (cálculo vectorial) al electromagnetismo para dar solución a problemas físicos, teóricos y prácticos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica 	<ul style="list-style-type: none"> • Representar campos vectoriales y escalares en coordenadas cartesianas, cilíndricas y esféricas. • Dar solución a problemas de cálculo vectorial en los tres sistemas de coordenadas. • Realizar operaciones con vectores en coordenadas cartesianas, cilíndricas y esféricas usando los conceptos de gradiente, divergencia (teorema de Stokes), rotacional y Laplaciano.

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar software de simulación para demostrar los conceptos de gradiente, divergencia, rotacional y Laplaciano.
2. Campos Electroestáticos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Aplica los conceptos fundamentales de Electroestática para dar solución a problemas físicos, teóricos y prácticos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar las leyes de Coulomb y de Gauss, el concepto de gradiente, teorema de divergencia, rotacional en la solución de problemas de electrostática. • Calcular el potencial eléctrico para diferentes configuraciones. • Definir los conceptos de dipolo eléctrico y densidad de energía en los campos electrostáticos. • Clasificar los tipos de dieléctricos y determinar su polarización. • Utilizar software en la solución de problemas. • Realizar prácticas de laboratorio que involucren los principios de la electrostática.
3. Campos magnetostáticos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Aplica los conceptos fundamentales de magnetostática para encontrar la solución de problemas físicos, teóricos y prácticos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar la ley de Biot - Savart, ley de Ampere, la ecuación de Maxwell (Ley de Gauss magnética) y el potencial vectorial magnético en la solución de problemas de magnetostática. • Calcular del potencial magnético para diferentes distribuciones. • Calcular del momento dipolar magnético en cualquier punto del espacio. • Utilizar software en la solución de problemas. • Realizar prácticas de laboratorio que involucren los principios de la magnetostática
4. Inducción electromagnética	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Definir los conceptos de Ley de Faraday y Ley de Lenz.

<p>Aplica los principios de inducción electromagnética para encontrar la solución de problemas de las ciencias de la ingeniería.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar la Ley de Faraday y la Ley de Lenz en la solución de problemas. • Utilizar software en la solución de problemas. • Realizar prácticas de laboratorio que involucren los principios de la inducción electromagnética
---	---

5. Ecuaciones de Maxwell

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Deduce e interpreta las ecuaciones de Maxwell para plantear ecuaciones diferenciales parciales en aplicaciones Post-Maxwell</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer las cuatro ecuaciones de Maxwell en forma diferencial e integral en términos de campos. • Establecer las cuatro ecuaciones de Maxwell en términos de potenciales. • Desacoplar las ecuaciones de Maxwell en términos de potenciales utilizando la condición o gauge de Lorentz. • Desarrollar la matemática básica operativa de las ecuaciones de Maxwell, utilizando software.

6. Propiedades magnéticas de la materia

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Aplica las propiedades magnéticas de los materiales para dar solución a problemas de circuitos magnéticos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita 	<ul style="list-style-type: none"> • Definir las propiedades magnéticas de los materiales. • Realizar la clasificación de materiales magnéticos. • Encontrar la solución a problemas de circuitos magnéticos y realizar su comprobación con software.

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación de la existencia de ondas electromagnéticas • Demostrar como son los campos magnéticos en las figuras de la computadora • Deducir el comportamiento de una partícula cargada dentro de un campo magnético • Realizar una simulación de Gradiente de potencial. • Medir la densidad del flujo magnético en un núcleo • Modelar la maquina lineal de corriente directa. • Verificación de la ley de Coulomb.

- Acciones electrodinámicas
- Campo magnético de una bobina: relé
- Inducción electromagnética
- Autoinducción
- Usar software actualizado para modelar y resolver problemas que involucren todos los contenidos del programa.
- Utilización de laboratorios virtuales (applets).

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** 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.
- **Planeación:** 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.
- **Ejecución:** 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 las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **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”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

La evaluación de la asignatura se hará con base en el siguiente desempeño:

- Evaluación de reportes de investigaciones documentales y experimentales.
- Evaluación de reportes de prácticas, con solución analítica, simulaciones y circuitos físicos.
- Revisión de tareas de los problemas asignados en forma grupal o individual.
- Evaluar con examen los conocimientos adquiridos en clase.

(La evaluación por competencias se llevará a cabo a través de la constatación de los desempeños académicos logrados por el estudiante; es decir, mostrando las competencias profesionales explicitadas en los temas de aprendizaje). La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje.

11. Fuentes de información

1. Roald Wangsness. (2001) Campos electromagnéticos. Limusa Noriega Editores.
2. Dios Otín F. (2001) Campos electromagnéticos resueltos. España. Ed. UPC.
3. Artigas García D., Diós Otín V. F., Canal Bienzobas F. (2001). Campos electromagnéticos resueltos. España. Ed. UPC.

4. Sadiku M., (2009) Elementos de electromagnetismo, (3ª Ed.). México. Ed. Alfaomega.
5. Cheng D. K., (1998) Fundamentos de electromagnetismo para ingeniería. México. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana.
6. Reitz John, (2000) Fundamentos de la teoría electromagnética, (4ª Ed.). México. Addison Wesley Logman.
7. Johnk Carl T.A., (2004) Teoría electromagnéticas: campos y ondas, Ed. Limusa.
8. Applets Walter Fend. <http://www.walter-fendt.de/ph14s/>
9. Franco A.. Física por ordenador. <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>
10. Plonus M. A., (1994) Electromagnetismo aplicado. España. Editorial Reverté.
11. Uso de software y videos para reforzar los experimentos de laboratorio. (Recomendación: CAEME CENTER Atn. Dr. MagdyIskander. Dept. of Electrical Eng. Universidad de UTAH. Salt Lake City, UTAH, USA.
12. Physics 2000 Universidad de Colorado. <http://www.colorado.edu/physics/2000/index.pl>
13. Hayt W. H. Jr.(2011). Engineering Electromagnetics. (5ª Ed.). McGraw-Hill
14. Shadowitz A. (2010). The Electromagnetic Field. McGraw-Hill,
15. Collin R. E. (1991). Field Theory Of Guided Waves. IEEE.
16. Johnk C. T. (1988) Engineering Electromagnetic Fields & Waves. Wiley International Edition.
17. Ratnajeevan S. and Hoole H. (1989) Computer-Aided Analysis and Design of Electromagnetic Devices. Elsevier
18. Balanis C. A. (2012). Advanced Engineering Electromagnetics. John Wiley and Sons
19. REA's. (1998) Electromagnetics Problem Solver (Problem Solvers Solution Guides)
20. Robert, P. (1992) Electrical and Magnetic Properties of Materials (Artech House Materials Science Library). W. Bolton Longman Scientific & Technical.