



Carrera: Ingeniería Eléctrica				
Unidad Curricular: ELECTROMAGNETISMO			Código: EM5	
Prelación: Electricidad y Magnetismo Ecuaciones Diferenciales			Condición: Obligatoria	
HT: 4	HP: 1	HL: 0	HTI: 8	Créditos: 3
Ubicación: Quinto Trimestre		Componente: Formación Profesional Básica		Fecha de Aprobación:

HT: Horas teóricas; HP: Horas Prácticas; HL: Horas de Laboratorio; HTI: Horas de Trabajo Independiente

I. JUSTIFICACIÓN

El análisis, comprensión e investigación de los fenómenos electromagnéticos asociados a la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica requieren de los conocimientos básicos de electrostática, magnetostática, campos electromagnéticos, ondas electromagnéticas y líneas de transmisión, así como de los correspondientes métodos de cálculo. Los cuales son abordados en Electromagnetismo, después de haber cubierto las necesidades formativas previas en unidades curriculares básicas como Electricidad y Magnetismo, Álgebra Lineal y Cálculo.

En la formación del Ingeniero Electricista, la unidad curricular Electromagnetismo es base para varias unidades curriculares del componente de formación profesional, pero especialmente para Líneas de Transmisión y Máquinas Eléctricas. Ella contribuye indirectamente con el desarrollo de algunas competencias específicas del perfil del egresado y directamente con las competencias genéricas: resolución de problemas; investigación; liderazgo y trabajo en equipo; abstracción, análisis y síntesis.

II. COMPETENCIAS ESPECÍFICAS Y GENÉRICAS A DESARROLLAR SEGÚN EL PERFIL

La unidad curricular contribuirá al desarrollo de las competencias genéricas y específicas del perfil de egreso que se indican a continuación.

GENÉRICAS	ESPECÍFICAS
-----------	-------------

G5.Investigación. Aplica el conocimiento científico para comprender y resolver problemas del entorno, mediante la generación de conocimiento y con base en la evidencia. G6.Liderazgo y trabajo en equipo. Integra equipos de trabajo, ya sea realizando tareas de dirección o como un miembro más, con el propósito de desarrollar proyectos con un fin	E1. Realiza, ejecuta y evalúa proyectos de instalaciones eléctricas residenciales (uni y multifamiliares), industriales y comerciales, sistemas de distribución, subestaciones y líneas de transmisión de potencia eléctrica sustentado en conocimientos científicos, procedimientos técnicos, legales, socioeconómicos y financieros, las normas del Sector Eléctrico Nacional y de la empresa; preservando el medio ambiente.
determinado, motivando y conduciendo hacia metas comunes. G8.Resolución de problemas. Identifica y plantea problemas del entorno para resolverlos con criterio y de forma efectiva, utilizando la lógica, los saberes adquiridos y herramientas organizadas adecuadamente. G11. Abstracción, análisis y síntesis. Delimita los elementos de un proyecto, diseño o problema para su análisis y posterior integración al todo.	E6. Opera y controla equipos, instalaciones y sistemas de: conversión de energía, instrumentación, control y protección, electrónicos y de comunicaciones básicas, <i>fundamentado en conocimientos científicos</i>, normas y técnicas, para garantizar su funcionamiento continuo, así como la utilización y consumo de energía eléctrica y su optimización. E8. Identifica problemas en el área de la ingeniería eléctrica y busca su solución aplicando metodologías y técnicas propias de la investigación científica, divulgando los hallazgos con el interés de fortalecer la producción científica del país.

III. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Al finalizar con éxito la unidad curricular el estudiante:

RA1. Analiza los campos electromagnéticos en los diferentes medios de transmisión para determinar su comportamiento.

RA.2 Aplica las leyes del electromagnetismo para explicar el principio de funcionamiento de las máquinas y el comportamiento de los sistemas eléctricos de potencia.

RA3.Aplica conceptos, ecuaciones, métodos analíticos y numéricos como herramientas básicas para la solución de problemas electromagnéticos en sistemas eléctricos de potencia con rigor científico.

RA4. Aplica los conceptos básicos relacionados con la propagación y transmisión de ondas electromagnéticas planas uniformes para describir el comportamiento de las líneas de transmisión.

RA5. Aplica la Teoría Electromagnética de manera reflexiva y crítica para analizar, identificar y evaluar los parámetros de las líneas de transmisión y las antenas.

IV. CONTENIDOS

a. Contenidos Conceptuales, Procedimentales y Actitudinales

RESULTADOS DE APRENDIZAJE	CONTENIDOS
RA1. Analiza los campos electromagnéticos en los diferentes medios de transmisión para determinar su comportamiento.	Conceptuales: <i>El Campo electromagnético.</i> La teoría Electromagnética como Modelo. Clasificación, características y propiedades de los materiales. Cantidades Fuentes de los campos. Cantidades de Campo. Constantes Universales. Relaciones entre los Campos Eléctrico y Magnético y sus Inducciones asociadas.
	Responsabilidad personal en la entrega de tareas y presentación de trabajos. Criterios para la búsqueda y análisis de información.

	<i>Ecuaciones Fundamentales de los Campos Electromagnéticos.</i> Leyes fundamentales del electromagnetismo. Las Ecuaciones de Maxwell. Condiciones de frontera en la discontinuidad entre dos medios. Potencial Eléctrico y Magnético Asociados al Campo Electromagnético. Potenciales Electromagnéticos. Potenciales de Retardo. Potenciales con variación armónica con el tiempo. Procedimentales: Procedimientos y orientaciones para la resolución de problemas Aplicación de integrales, ecuaciones diferenciales y análisis vectorial. Utilización de software para la representación y análisis de los campos electromagnéticos. Actitudinales: Criterios de análisis y rigurosidad en el desarrollo de problemas. Criterios para el trabajo en equipo. Responsabilidad personal en la entrega de tareas y presentación de trabajos. Criterios para la búsqueda y análisis de información. Principios éticos en la vida universitaria y profesional.
	Principios éticos en la vida universitaria y profesional.

RA2. Aplica las leyes del electromagnetismo para explicar el principio de funcionamiento de las máquinas y los comportamientos de los sistemas eléctricos de potencia.	Conceptuales: <i>Ecuaciones Fundamentales de los Campos Electromagnéticos.</i> Leyes fundamentales del electromagnetismo. Las Ecuaciones de Maxwell. Condiciones de frontera en la discontinuidad entre dos medios. Potencial Eléctrico y Magnético Asociados al Campo Electromagnético. Potenciales Electromagnéticos. Potenciales de Retardo. Potenciales con variación armónica con el tiempo. <i>Inducción electromagnética:</i> Ley de Faraday de la inducción electromagnética. Fuerza electromotriz inducida. Ley de Lenz. Circuitos magnéticos. Máquinas eléctricas. <i>Líneas de Transmisión:</i> Análisis de los Campos en una Línea de Transmisión. Ondas de Tensión y Corriente. Características de las Ondas en una Línea de Transmisión Infinita. Características de las Ondas en una Línea de Transmisión Finita. Procedimentales: Procedimientos y orientaciones para la resolución de problemas Aplicación de integrales, ecuaciones diferenciales y análisis vectorial. Etapas para el diseño de componentes. Actitudinales: Criterios de análisis y rigurosidad en el desarrollo de problemas. Criterios para el trabajo en equipo.
--	--

RA3. Aplica conceptos, ecuaciones, métodos analíticos y numéricos como herramientas básicas para la solución de problemas electromagnéticos en sistemas eléctricos de potencia con rigor científico.	Conceptuales: <i>Solución a Problemas con Condiciones de Contorno.</i> Ecuaciones de Poisson y Laplace. Solución de problemas de contorno mediante: el Método Separación de Variables; Variable Compleja. Método de las imágenes. Método de las Diferencias Finitas. Método de los Elementos Finitos. Procedimentales: Procedimientos y orientaciones para la resolución de problemas Aplicación de integrales, ecuaciones diferenciales y análisis vectorial. Etapas para el modelaje de problemas. Utilización de software para la representación y análisis de los campos eléctrico y magnético. Actitudinales: Criterios de análisis y rigurosidad en el desarrollo de problemas. Criterios para el trabajo en equipo. Responsabilidad personal en la entrega de tareas y presentación de trabajos. Criterios para la búsqueda y análisis de información. Principios éticos en la vida universitaria y profesional.
RA4. Aplica los conceptos básicos relacionados con la propagación y transmisión de ondas electromagnéticas planas uniformes para describir el comportamiento de las líneas de transmisión.	Conceptuales: <i>Ondas Electromagnéticas Planas.</i> Clasificación de las Ondas Electromagnéticas. Ecuación de Onda. El espectro electromagnético. Ondas Transversales Electromagnéticas Planas. Ondas Planas en Medios sin y con Pérdidas. Polarización de Ondas Planas. Flujo de Potencia Electromagnética y el Vector de Poynting. Reflexión y Transmisión de Ondas con Incidencia Normal y Oblicua. <i>Líneas de Transmisión:</i> Análisis de los Campos en una Línea de Transmisión. Ondas de Tensión y Corriente. Modelo Circuital de la Línea de Transmisión. Parámetros de una Línea de Transmisión. Ecuaciones Generales de las Líneas de Transmisión. Características de las Ondas en una Línea de Transmisión. Coeficiente de Reflexión y Relación de Onda Estacionaria. Acoplamiento de Impedancias. Procedimentales: Procedimientos y orientaciones para la resolución de problemas

	Aplicación de integrales, ecuaciones diferenciales y análisis vectorial. Etapas para el modelaje de problemas.
	Utilización de software para la representación y análisis de los campos eléctrico y magnético. Actitudinales: Criterios de análisis y rigurosidad en el desarrollo de problemas. Criterios para el trabajo en equipo. Responsabilidad personal en la entrega de tareas y presentación de trabajos. Criterios para la búsqueda y análisis de información. Principios éticos en la vida universitaria y profesional.

RA5. Aplica la Teoría Electromagnética de manera reflexiva y crítica de manera reflexiva y crítica para analizar, identificar y evaluar los parámetros de las líneas de transmisión y las antenas.	Conceptuales: <i>Ecuaciones Fundamentales de los Campos Electromagnéticos.</i> Ecuaciones de Maxwell para campos variables con el tiempo. Potenciales Electromagnéticos. Potenciales de Retardo. Potenciales con variación armónica con el tiempo. Análisis de los Campos y Características de las Ondas en una Línea de Transmisión. Campos Radiados por el Dipolo Ideal. Parámetros característicos. Clasificación de las Antenas. Ecuación de Transmisión de Friis. Procedimentales: Procedimientos y orientaciones para la resolución de problemas Aplicación de integrales, ecuaciones diferenciales y análisis vectorial. Etapas para el modelaje de problemas. Utilización de software para la representación y análisis de los campos eléctrico y magnético. Actitudinales: Criterios de análisis y rigurosidad en el desarrollo de problemas. Criterios para el trabajo en equipo. Responsabilidad personal en la entrega de tareas y presentación de trabajos. Criterios para la búsqueda y análisis de información. Principios éticos en la vida universitaria y profesional.
--	---

b. Temario

UNIDAD/TEMA	CONTENIDO	Tiempo (horas)
Capítulo 1. El Campo Electromagnético	La teoría Electromagnética como Modelo. Clasificación, características y propiedades de los materiales conductores, dieléctricos y magnéticos (diamagnetismo, paramagnetismo y ferromagnetismo). Medios magnetizables. <i>Curva de magnetización. Ciclo de Histéresis. Concepto de fuerza coercitiva y magnetismo</i>	6

	<i>remanente. Cantidades Fuentes de los campos: la Carga Eléctrica y sus Diferentes Distribuciones; la Corriente Eléctrica (difusión, convección y conducción) y sus Diferentes Distribuciones. Cantidades de Campo: Campo eléctrico e Inducción Eléctrica; Campo magnético e Inducción Magnética. Constantes Universales. Relaciones entre los Campos Eléctrico y Magnético y sus Inducciones asociadas.</i>	
Capítulo 2.Inducción Electromagnética	Ley de Faraday de la inducción electromagnética. Fuerza electromotriz inducida. Ley de Lenz. Circuitos magnéticos. Ley de Faraday para dispositivos en movimiento. Máquinas eléctricas	8
Capítulo 3.Ecuaciones Fundamentales de los Campos Electromagnéticos	Leyes fundamentales del electromagnetismo. Las Ecuaciones de Maxwell. Ecuaciones de Maxwell particularizadas para el Espacio Libre y Medios Conductores. Condiciones de frontera en la discontinuidad entre dos medios. Potencial Eléctrico y Magnético Asociados al Campo Electromagnético. Ecuaciones de Poisson y Laplace para los Potenciales Eléctrico y Magnético. Potenciales de Retardo. Potenciales con variación armónica con el tiempo.	6
Capítulo 4.Solución a Problemas con Condiciones de Contorno	Ecuaciones de Poisson y Laplace. Solución de problemas de contorno mediante: el Método Separación de Variables; Variable Compleja. Método de las imágenes. Método de las Diferencias Finitas. Método de los Elementos Finitos.	8
Capítulo 5.Ondas Electromagnéticas Planas	Ondas Electromagnéticas. Clasificación de las Ondas Electromagnéticas. Ecuación de Onda. El espectro electromagnético. Ondas Transversales Electromagnéticas Planas. Ondas Planas en Medios sin Pérdidas. Polarización de Ondas Planas. Ondas Planas en Medios con Pérdidas: <i>Dieléctrico de Bajas Pérdidas y Buen Conductor</i>. Flujo de Potencia Electromagnética y el Vector de Poynting. Ondas transversales Electromagnéticas propagándose en una dirección cualquiera. Reflexión y Transmisión de Ondas con Incidencia Normal y Oblicua sobre: <i>Conductores y Dieléctricos</i>.	6

c. Contenidos transversales

Capítulo 6. Líneas de Transmisión	Análisis de los Campos en una Línea de Transmisión: <i>Modo de Propagación</i> . Ondas de Tensión y Corriente. Efecto Pelicular. Modelo Circuital de la Línea de Transmisión. Parámetros de una Línea de Transmisión. Ecuaciones Generales de las Líneas de Transmisión. Características de las Ondas en una Línea de Transmisión Infinita. Características de las Ondas en una Línea de Transmisión Finita: Líneas en Circuito Abierto y en Cortocircuito, Impedancia Característica, Coeficiente de Reflexión y Relación de Onda Estacionaria. Acoplamiento de Impedancias.	8
Capítulo 7. Introducción a la Radiación Electromagnética	El Dipolo Ideal. Campos Radiados por el Dipolo Ideal. Potencia Radiada. Diagrama de radiación. Polarización. Directividad y Ganancia. Potencia Efectiva Radiada Isotrópicamente. Impedancia de Entrada. Área de Recepción. Clasificación de las Antenas. Antenas Lineales Delgadas. Arreglos de Antenas. Ecuación de Transmisión de Friis.	6

La contribución al desarrollo de las competencias genéricas consideradas en esta unidad curricular se hace utilizando la transversalidad, mediante la revisión de los siguientes contenidos:

Investigación. Redacción y Presentación de Informes. Expresar ideas en base de fundamentos sólidos. Aprendizaje permanente por medio de las TIC.

Liderazgo y trabajo en equipo. Desarrollo de habilidades para trabajos grupales. Conducción de grupos y liderazgo.

Resolución de problemas. Técnicas para resolver problemas de manera lógica. Soluciones a problemas utilizando los conocimientos ya adquiridos. Toma decisiones y eficiencia en la solución de ejercicios.

Abstracción, análisis y síntesis. Habilidades del Pensamiento. Análisis y comprensión de los contenidos temáticos. Técnicas para desarrollar la capacidad de análisis, agilidad y síntesis.

I. REQUERIMIENTOS

Al iniciar las actividades de aprendizaje de la unidad curricular, por sus saberes aprendidos con anterioridad, el estudiante:

Calcula integrales en una, dos y tres variables.

Aplica desarrollos en series de Taylor y de Fourier.

Resuelve ecuaciones diferenciales, analíticas y numéricas.

Aplica los conocimientos básicos de análisis vectorial: derivada direccional, gradiente, flujo, divergencia, circulación, rotacional, laplaciana, teorema Stokes, teorema de la divergencia.

Utiliza los conceptos básicos de números y variable compleja.

Aplica los conceptos básicos de electricidad y magnetismo: Ley de Coulomb, campo y potencial electrostático, capacidad eléctrica, electrodinámica, electromagnetismo, el circuito magnético, fuerzas de origen magnético, generación e inducción electromagnética. Expresa gráficamente las ideas.

VI. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

Se utiliza una metodología de aprendizaje grupal inductiva-deductiva que requiere de la participación activa y constante de los estudiantes en la búsqueda, lectura y análisis de la información que facilite la integración de los aspectos teórico-prácticos así como el análisis y solución de problemas de la unidad curricular.

ACTIVIDAD	TÉCNICAS
Clases de Teoría	Se impartirán en el aula, siendo la presencia del alumno necesaria para un aprendizaje adecuado y una formación óptima. La metodología se basa en clase expositiva centrada en el estudiante, con discusión socializada. Para el aprendizaje de las leyes se utilizará lógica inductiva, invitando al estudiante mediante razonamiento analógico, a que construya una estructura formal de carácter universal que sirva como principio para la solución de muchos problemas.
Clases de Problemas	Estas clases se intercalarán en el desarrollo de la unidad curricular de la forma más conveniente para el aprendizaje, no habrá días previamente asignados para ello. La metodología se fundamenta en el trabajo colaborativo para la resolución de problemas. El estudiante utilizará lógica deductiva, con la cual a partir de principios y leyes fundamentales puede solucionar teórica y experimentalmente problemas relacionados con el estudio de las propiedades más relevantes del campo electromagnético.
Tutorías	Atención personalizada al alumno, presencial y a distancia. Son opcionales y recomendables para el aprendizaje de los alumnos que cursan regularmente la unidad curricular y asistan a las clases.
Prácticas	En equipo o individualmente, los estudiantes realizarán: problemas experimento, trabajos escritos y prácticos, diseño y elaboración de programas con computador para la solución de problemas, diseño y/o construcción de prototipos para experimentos de carácter didáctico.

VII. SISTEMA DE EVALUACIÓN

Capítulo	Criterio de Evaluación	Resultado de Aprendizaje	Evidencias de Aprendizaje
1	Explica cuáles son las fuentes del campo electromagnético y cómo están relacionados. Describe las propiedades fundamentales de los campos electromagnéticos y sus inducciones asociadas en diversos medios. Determina la carga y la corriente a partir de sus correspondientes distribuciones. Describe las características los diversos tipos de materiales eléctricos y magnéticos. Diferencia las aplicaciones de las curvas de magnetización y del ciclo de histéresis.	RA1	Prueba escrita
2	Explica los fenómenos de inducción electromagnética. Aplica la ley de Faraday para el cálculo de corrientes inducidas. Enumera las aplicaciones de la inducción en diversas situaciones. Explica los efectos no deseados de la inducción (corrientes de Foucault). Aplica la forma integral de la ley de Faraday a diversos circuitos. Describe el comportamiento de una bobina en movimiento. Explica el principio de operación de los transformadores y máquinas eléctricas.	RA2	Prueba escrita Informe de trabajo autónomo
3	Aplica las ecuaciones de Maxwell para el cálculo de los campos eléctrico y magnético que varíen armónicamente con el tiempo. Aplica las ecuaciones de Poisson y Laplace para determinar los potenciales eléctrico y magnético.	RA1, RA2, RA5	Prueba escrita
4	Emplea el método de separación de variable y variable compleja para resolver la ecuación de Laplace. Utiliza la teoría de imágenes para resolver problemas de contorno. Aplica el método de las diferencias finitas para resolver problemas de Poisson y Laplace.	RA3	Prueba escrita Desarrollo de software Exposición

5	Diferencia los parámetros característicos de las ondas electromagnéticas. Aplica los conceptos relacionados con las ondas planas a diversos problemas. Evalúa el comportamiento de las ondas electromagnéticas cuando inciden en un medio material diferente a aquél en el cual éstas se venían propagando. Evalúa el comportamiento que experimentan la potencia y la energía asociadas a los campos y las ondas electromagnéticas.	RA4	Prueba escrita
6	Explica la propagación de señales en líneas de transmisión. Diferencia los parámetros característicos de las líneas de transmisión. Calcula los parámetros característicos de las líneas de transmisión. Explica el comportamiento de las líneas en circuito abierto y en cortocircuito. Aplica las herramientas y técnicas de adaptación de impedancias.	RA2, RA4	Prueba escrita Procedimiento técnico Exposición
7	Explica cómo radia una antena a partir del concepto de dipolo ideal. Diferencia los parámetros característicos del dipolo ideal. Clasifica las antenas de uso más común. Diferencia entre antenas y arreglos de antenas. Analiza el fenómeno de propagación de ondas electromagnéticas en el vacío.	RA2, RA5	Prueba escrita Ensayo Exposición

VIII. RECURSOS

Recursos didácticos requeridos son: computador portátil, video beam, pizarrón, marcadores.

Recursos de infraestructura: aula con facilidades para la proyección y presentación de demostraciones prácticas.

IX. FUENTES DE INFORMACIÓN

Básicas

Cheng, David K., (1997), *Fundamentos de electromagnetismo para ingeniería*, Addison Wesley Longman, México.

Hayt, William H. (2006), *Teoría Electromagnética*, 7ª ed., McGraw-Hill, México.

Complementarias

Bendito F. José L, (1988), *Teoría Electromagnética*, 2 volúmenes, Consejo de Publicaciones de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

Dios, F., Artigas, Recolonos, Camerón y Canal (2000). *Campos Electromagnéticos*. Editorial Alfaomega, México

Kraus, John D. & Fleisch, Daniel A. (2006), *Electromagnetismo con aplicaciones*, 5ª ed., Mc. GrawHill, México.

Johnk, Carl T.A., (1997), *Teoría Electromagnética: campos y ondas*, Limusa, México.

Marshall, S y otros, (1997), *Electromagnetismo: Conceptos y Aplicaciones*, 4ª ed., Prentice Hall Hispanoamericana, México.

Reitz, Milford & Christy, (1997), *Fundamentos de la Teoría Electromagnética*, Pearson Educación, México.

Ramo, Whinnery & Van Duzer, (1984), *Campos y Ondas en Comunicaciones Electrónicas*, John Wiley and Sons, Inc., U.S.A.

Reitz John (2000), *Fundamentos de la Teoría Electromagnética*, Ed. Addison Wesley Logman, Cuarta Edición, México.

Ulaby, Fawaz, (2007). *Fundamentos de Aplicaciones en Electromagnetismo*, 5ª ed., Pearson Educación, México.

Wangsness, Roald K., (1992), *Campos Electromagnéticos*, Limusa, México

Zahn, Markus, (1983), *Teoría Electromagnética*, Nueva Editorial Interamericana, México.

Sitios web

MIT Open Courses (<http://ocw.mit.edu/courses/#physics>)

Videos

Millan, Elio. Visualización Espacial de Fenómenos Electromagnéticos. Universidad de Los Andes.