

Asignatura: **Campo Electromagnético**

Código: 10-09710

RTF

8

Semestre: Octavo

Carga Horaria

96

Bloque: Tecnologías Básicas

Horas de Práctica

Departamento: Electrónica

Correlativas:

- Teoría de Circuitos

Contenido Sintético:

- Ondas Electromagnéticas.
- Propagación en diferentes medios.
- Potencia electromagnética.
- Incidencia normal
- Incidencia oblicua
- Líneas de Transmisión.
- Guías de Onda.
- Radiación electromagnética.
- Sistemas Radiantes.

Competencias Genéricas:

- CG1: Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- CG4: Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en ingeniería.

Aprobado por HCD: 1040-HCD-2023

RES: Fecha: 8/11/2023

Competencias Específicas:

CE1.1: Diseñar, proyectar y calcular sistemas, equipos y dispositivos de generación, transmisión y/o procesamiento de campos y señales analógicos y digitales; circuitos integrados; hardware de cómputo de propósito general y/o específico y el software a él asociado; hardware y software de sistemas embebidos y dispositivos lógicos programables; sistemas de automatización y control; sistemas de procesamiento y de comunicación de datos y sistemas irradiantes, para brindar soluciones óptimas de acuerdo a las condiciones técnicas, legales, económicas, humanas y ambientales.

CE1.3.1: Conocer, interpretar y emplear las técnicas, tecnologías, principios físicos y matemáticos y herramientas necesarias para el planteo, interpretación, modelización, análisis, resolución de problemas, diseño e implementación de circuitos y sistemas electrónicos.

CE1.3.8: Comprender los principios físicos y modelos matemáticos que representan la generación, conducción, transmisión, propagación y recepción de ondas electromagnéticas.

CE1.5.5: Analizar y diseñar componentes, circuitos y sistemas para generación, conducción, transmisión, propagación y recepción de ondas electromagnéticas.

Presentación

Campo Electromagnético es una asignatura que se dicta en el Octavo Semestre (Cuarto Año) de la carrera Ingeniería Electrónica, pertenece al bloque de Tecnologías Básicas, y contiene los fundamentos, conceptos y modelos matemáticos del electromagnetismo aplicado a las tecnologías electrónicas, especialmente de alta frecuencia (circuitos y sistemas de comunicaciones).

Esta asignatura forma parte de la base tecnológica de mitad de carrera, en la que, mediante los conocimientos de matemática, física y otras ciencias básicas adquiridos en los primeros años, se aborda el estudio de temas más aplicados y tecnológicos. Esta y otras materias conforman una plataforma sobre la que se fundamenta el posterior estudio de tecnologías aplicadas.

Dentro del área de comunicaciones, Campo Electromagnético constituye la interfaz entre las ciencias básicas y las tecnologías aplicadas. Aquí se estudian los conceptos y fundamentos del electromagnetismo y las tecnologías fundamentales utilizadas en circuitos y sistemas de comunicaciones.

Puede decirse que la materia tiene tres partes: la primera constituida por tecnologías básicas, mientras que la segunda y tercera está formada por tecnologías aplicadas.

En la primera parte, partiendo de las Ecuaciones de Maxwell, se estudia ondas electromagnéticas, su propagación en diferentes medios, flujo de potencia y diferentes formas de incidencia. Con esto, queda conformada la base para el estudio de gran parte de técnicas y tecnologías usadas en circuitos y sistemas de comunicaciones. En la segunda parte se estudian detalladamente algunas de las tecnologías más comunes en circuitos y sistemas de alta frecuencia, tales como líneas de transmisión y guías de ondas. Finalmente, en la tercera parte, se aborda el estudio de la radiación electromagnética y sus aplicaciones.

Respecto del perfil de egreso, la asignatura es de crucial importancia para el área de comunicaciones, pero también brinda una base sólida para el estudio de otras situaciones de ingeniería electrónica en otras áreas, como el flujo de energía en los circuitos o los diferentes modelos aplicables según el rango de frecuencias de trabajo. Por ejemplo, ayuda a la comprensión, análisis y diseño de circuitos digitales de alta velocidad. Al finalizar el cursado de la asignatura, los/as estudiantes están formados para el estudio autónomo de cualquier tecnología utilizada en circuitos de alta frecuencia (comunicaciones), lo cual será aplicado en la materia subsiguiente (Ingeniería de Microondas) y a la postre, en su carrera profesional.

La asignatura mantiene un punto de vista constructivista, centrado en el estudiante y con un enfoque por competencias, donde se proponen una serie de actividades en las que los estudiantes desarrollan habilidades para el estudio autónomo de tecnologías, circuitos y sistemas de comunicaciones. Al culminar la materia se habrán desarrollado competencias que permiten al futuro egresado desempeñarse en cualquier actividad relacionada a electrónica de alta frecuencia.

Contenidos

UNIDAD 1: Ondas Electromagnéticas

Ecuaciones de Maxwell, formas diferencial e integral en dominio del tiempo. Ecuaciones de Maxwell en forma armónica compleja. Condiciones de frontera. Ecuación de Onda, Solución. Ondas Planas Uniformes en el Vacío. Parámetros característicos: impedancia intrínseca del medio, constante de fase, longitud de onda, velocidad de fase, polarización.

UNIDAD 2: Propagación en Diferentes Medios

Ondas Planas Uniformes en Dieléctricos Perfectos. Ondas Planas Uniformes en medios con Pérdidas. Parámetros característicos: constante de fase, constante de atenuación, constante de propagación, impedancia intrínseca compleja, longitud de onda, velocidad de fase, permitividad compleja, profundidad de penetración, tangente de pérdidas. Clasificación de medios.

UNIDAD 3: Potencia Electromagnética

Densidad de Flujo de Potencia Electromagnética, Vector Poynting. Teorema de Poynting. Potencia Electromagnética en Medios Perfectos. Potencia Electromagnética en Medios con Pérdidas. Potencia Instantánea, Potencia Promedio, Potencia Total. Aplicaciones del Teorema de Poynting.

UNIDAD 4: Incidencia Normal

Incidencia Normal sobre Conductor Perfecto. Onda Estacionaria. Incidencia Normal sobre Dieléctrico perfecto. Reflexión y Transmisión en dos regiones. Incidencia Normal en varios medios. Coeficiente de Reflexión. Impedancia de Campo. Flujos de Potencia en Incidencia Normal. Adaptación con Medio de $\lambda/4$. Carta de Smith.

UNIDAD 5: Incidencia Oblicua

Modo Transversal Eléctrico (TE). Modo Transversal Magnético (TM). Incidencia Oblicua sobre Conductor Perfecto. Guiado de ondas mediante conductores. Incidencia Oblicua sobre Dieléctricos. Ángulo Crítico (reflexión total). Ángulo de Brewster (reflexión nula). Guiado de ondas mediante dieléctricos.

UNIDAD 6: Líneas de Transmisión

Modo Transversal Electromagnético (TEM). Ondas Guiadas por Dos Conductores: Líneas de Transmisión. Modelo Lineal Equivalente. Ecuaciones de Onda de Tensión/Corriente, Solución. Parámetros característicos: impedancia característica, constante de fase, constante de atenuación, constante de propagación, longitud de onda, velocidad de fase. Discontinuidades en líneas de transmisión. Impedancia de Línea. Coeficiente de Reflexión. Uso de Carta de Smith en Líneas de Transmisión. Distribuciones de tensiones y corrientes en la línea. Línea terminada en Impedancia Características, Cortocircuito, Circuito Abierto, Carga Arbitraria. Transformador de $\lambda/4$. Línea de Transmisión como Elemento de Circuito (Análisis). Adaptación de Impedancias con Líneas de Transmisión (Diseño). Flujo de Potencia en la Línea de Transmisión. Tecnologías de líneas de transmisión. Aplicaciones.

UNIDAD 7: Guías de Ondas

Propagación entre dos planos conductores. Modo Transversal Eléctrico (TE). Modo Transversal Magnético (TM). Guía de Ondas sección rectangular. Modos de

propagación en Guías de Ondas Rectangulares. Parámetros de Guía de Ondas: constante de propagación, impedancia intrínseca, frecuencia de corte, longitud de onda, velocidad de propagación, velocidad de grupo. Excitación de la Guía de Ondas. Guías de Ondas sección circular. Aplicaciones.

UNIDAD 8: Radiación Electromagnética

Ecuación de Onda Inhomogénea en función de potenciales electromagnéticos, Solución. Potenciales Retardados. Método general de análisis de sistemas radiantes. Radiación desde un elemento diferencial de corriente (dipolo elemental). Campo Cercano. Campo Lejano. Patrón de Radiación. Potencia Radiada. Resistencia de Radiación.

UNIDAD 9: Sistemas Radiantes

Antenas Lineales. Antenas de Lazo. Antenas de Apertura. Antenas Reflectivas. Parámetros Fundamentales de las Antenas. Arreglos de Antenas.

Metodología

Durante el desarrollo de la asignatura se emplean clases expositivas, exposiciones dialogadas, resolución de problemas y estudios de casos, con un carácter teórico-práctico en todos los casos, e incentivando la participación activa de los estudiantes.

En general, en los distintos temas, se comienza con clase expositiva donde se presenta el tema, se continúa con exposiciones dialogadas donde se estimula la participación de los estudiantes, se sigue con resolución de problemas y se finaliza con estudio de casos. Dependiendo del tema tratado, pueden emplearse una, varias o todas estas metodologías.

En la primera parte de la materia se busca adquirir los saberes básicos para el trabajo con ondas electromagnéticas y su interacción con el medio (ecuación de onda, solución, vector Poynting, incidencia sobre medios, etc.). Los distintos temas son tratados con un enfoque teórico-práctico, es decir, integrando los desarrollos teóricos con ejemplos y ejercicios. En la segunda parte de la materia se trabaja mayormente con circuitos y tecnologías de guiados de ondas (líneas de transmisión, guías de ondas, etc.). En la tercera parte se estudia la generación y recepción de campos electromagnéticos y sus aplicaciones.

En algunos temas particulares, se brinda a los alumnos el material de estudios para que lo analicen en forma autónoma y luego se les realiza preguntas sobre el mismo. También se cuenta con un set de ejercicios que los/as estudiantes deben resolver en forma autónoma, fuera del ámbito de la clase.

Evaluación

Durante todo el semestre, en forma continua y permanente, y a través de la participación de los estudiantes en distintas actividades, se realiza una evaluación formativa del desarrollo de Competencias Genéricas (CG) y Específicas (CE).

A su vez, se realizan 3 (tres) actividades de evaluación, una por cada parte en que se subdivide la materia. En estas evaluaciones el estudiante desarrolla un breve informe escrito de las consignas solicitadas y luego lo defiende frente al docente en forma dialogada. Pueden ser individuales o grupales y pueden tener varias modalidades: preguntas conceptuales, desarrollo de temas, resolución de ejercicios y problemas (numéricos o analíticos), estudio de casos, etc. Al culminar las evaluaciones se brinda a los estudiantes las respuestas y soluciones a las consignas planteadas, con lo cual la evaluación adquiere un carácter formativo. De esta forma se lleva a cabo evaluación detallada y exhaustiva del desarrollo de las competencias en cada estudiante.

En las actividades de evaluación se asigna un puntaje (mediante rúbrica diseñada a tal efecto) entre 0 y 100 puntos (escala lineal). Estos puntajes se introducen en una ecuación que asigna distinto peso al puntaje de cada evaluación, con lo cual se obtiene un puntaje total de la materia, entre 0 y 100 puntos. La nota final resulta de introducir este puntaje en una tabla que asigna, en forma no lineal, una nota para cada rango de puntajes (evaluación sumativa).

Calificación

AE1 = Puntaje Actividad Evaluación N° 1, entre 0 y 100 puntos (lineal).

AE2 = Puntaje Actividad Evaluación N° 2, entre 0 y 100 puntos (lineal).

AE3 = Puntaje Actividad Evaluación N° 3, entre 0 y 100 puntos (lineal).

P1 = Peso puntaje Actividad Evaluación N° 1, entre 0 y 1.

P2 = Peso puntaje Actividad Evaluación N° 2, entre 0 y 1.

P3 = Peso puntaje Actividad Evaluación N° 3, entre 0 y 1.

PT = Puntaje Total = $P1 * AE1 + P2 * AE2 + P3 * AE3$

Nota Final

Puntaje Total (PT)	Nota Final (NF)
00 a 29	1 (uno)
30 a 49	2 (dos)
50 a 59	3 (tres)
60 a 64	4 (cuatro)
65 a 70	5 (cinco)
71 a 76	6 (seis)
77 a 82	7 (siete)
83 a 88	8 (ocho)
89 a 94	9 (nueve)
95 a 100	10 (diez)

Condiciones de aprobación

Los requisitos para la Aprobación Sin Examen Final (Promoción Directa) son:

- Asistencia al 80% de las clases teórico-prácticas.
- Obtención, como mínimo, de 60 puntos en todas las Actividades de Evaluación.

Los requisitos para la Regularización son:

- Asistencia al 80% de las clases teórico-prácticas.
- Obtención, como mínimo, de 60 puntos en al menos la mitad de las Actividades de Evaluación.

Actividades prácticas

Las actividades prácticas se realizan exclusivamente en aula y consisten en distintas actividades donde se aplican conceptos y contenidos teóricos, tales como cuestionarios, resolución de ejercicios y problemas, estudio de casos, etc.

En algunos casos, las actividades prácticas son presentadas en aula y resueltas fuera de ellas, ya sea individual o grupalmente. En estos casos se deben presentar informes.

Resultados de aprendizaje

Los Resultados de Aprendizajes (RA) son los indicadores de desempeño que permiten evaluar las competencias que se desarrollan en la asignatura, tanto genéricas como específicas.

CE1.3.1: Conocer, interpretar y emplear las técnicas, tecnologías, principios físicos y matemáticos y herramientas necesarias para el planteo, interpretación, modelización, análisis, resolución de problemas, diseño e implementación de circuitos y sistemas electrónicos.

CE1.3.8: Comprender los principios físicos y modelos matemáticos que representan la generación, conducción, transmisión, propagación y recepción de ondas electromagnéticas.

CE1.5.5: Analizar y diseñar componentes, circuitos y sistemas para generación, conducción, transmisión, propagación y recepción de ondas electromagnéticas.

RA01: Comprende los principios físicos de la propagación y reflexión de ondas

electromagnéticas y los modelos matemáticos que las describen.

RA02: Utiliza los modelos y procedimientos matemáticos para resolver problemas de propagación y reflexión de ondas electromagnéticas.

RA03: Calcula correctamente valores de impedancias, coeficientes de reflexión, campos y potencias en distintos medios de propagación.

RA04: Comprende las diferencias entre la teoría de circuitos y la teoría de campo electromagnético.

RA05: Comprende los principios físicos del guiado de ondas y los modelos matemáticos que lo describen.

RA06: Identifica diferentes tecnologías de sistemas de guiado de ondas (líneas de transmisión y guías de ondas).

RA07: Analiza impedancias, coeficientes de reflexión, tensiones, corrientes y potencias en sistemas de líneas de transmisión.

RA08: Diseña circuitos de líneas de transmisión para sistemas de comunicaciones.

RA09: Analiza valores y distribuciones de campo en guías de ondas.

RA10: Comprende los principios físicos de la radiación electromagnética y los modelos matemáticos que la describen.

RA11: Analiza sistemas irradiantes y sus parámetros característicos.

RA12: Aplica la teoría de campo electromagnético para resolver problemas de ingeniería relacionados a la propagación, conducción y radiación de ondas electromagnéticas.

Estos Resultados de Aprendizaje se utilizan para evaluar el desarrollo de las competencias (con la correspondiente rúbrica) de acuerdo a la siguiente tabla de correspondencia:

Competencias	Resultados de Aprendizaje
CG1	RA02, RA12
CG4	RA02, RA12
CE1.1 (*)	RA03, RA07, RA08, RA09, RA11
CE1.3.1	RA12
CE1.3.8	RA01, RA04, RA05, RA10
CE1.5.5	RA03, RA06, RA07, RA08, RA09, RA11

Nota (*): dada la amplitud de esta competencia, solamente se evalúa la parte de la misma a la que aplica la asignatura.

Bibliografía

- S. Ramo, J. R. Whinnery, T. Van Duzer, *Campos y Ondas* , Editorial Pirámide, Madrid, 1965.
- A. N. Bianchi, *Sistemas de Ondas Guiadas* , Editorial Marcombo, Barcelona, 1980.
- C. T. Johnk, *Teoría Electromagnética* , Editorial Limusa, México, 1981.
- E. C. Jordan y K. G. Balmain, *Ondas Electromagnéticas y Sistemas Radiantes* , Tercera Edición, Editorial Paraninfo, Madrid, 1983.