

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
LICENCIATURA EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA



PROGRAMA DE ESTUDIOS

Radiación y propagación electromagnética

Elaboró:	Ing. Gerardo Alejandro Neyra Romero	Facultad de Ingeniería
	Dr. Juan Carlos Pérez Merlos	Facultad de Ingeniería
	Dr. José Caballero Viñas	Facultad de Ingeniería

Fecha de aprobación:

H. Consejo Académico

H. Consejo de Gobierno

05 de julio del 2021

07 de julio del 2021

Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

07 JUL 2021

CONSEJOS ACADÉMICO Y DE GOBIERNO
DICTAMEN: APROBADO



Índice

	Pág.
I. Datos de identificación.	3
II. Presentación del programa de estudios.	4
III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular.	5
IV. Objetivos de la formación profesional.	7
V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.	8
VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje y su organización.	9
VII. Acervo bibliográfico.	12



I. Datos de identificación.

Espacio académico
donde se imparte

Facultad de Ingeniería

Estudios profesionales

Licenciatura de Ingeniería en Electrónica, 2019

Unidad de aprendizaje

**Radiación y propagación
electromagnética**

Clave

LINE18

Carga académica

2

Horas
teóricas

3

Horas
prácticas

5

Total de
horas

7

Créditos

Carácter

Obligatoria

Tipo

Taller

Periodo escolar

Sexto

Área
curricular

Ciencias de la Ingeniería

Núcleo de
formación

Sustantivo

Seriación

Teoría electromagnética II

UA Antecedente

Ninguna

UA Consecuente

Formación común

Ninguna

X





II. Presentación del programa de estudios.

El área de electrónica en la actualidad avanza rápidamente, si se habla del tema de las comunicaciones electrónicas, necesariamente se tiene que hablar de las antenas, ya que son la interface de la conversión de las corrientes y voltajes en ondas electromagnéticas y viceversa, ondas que propagan las señales a altas frecuencias en líneas de transmisión o como una onda plana uniforme que viaja en el espacio, por ello es necesario entender las ecuaciones de diseño de antenas que son la base para el análisis matemático y físico para la propagación de la onda.

Las ecuaciones de Maxwell delinearón el camino de la época moderna en lo que refiere a la revolución tecnológica, cambiando radicalmente las formas de comunicación y la forma de vida de la humanidad.

En Teoría electromagnética I, se analizan los campos eléctricos y magnéticos estáticos, en la unidad de aprendizaje de Teoría electromagnética II a través de las Ecuaciones de Maxwell se analizan estos mismos campos, pero variantes en el tiempo, esto permite entender los fenómenos de la onda que son fundamentales para la electrónica de alta frecuencia o microondas.

La unidad de aprendizaje de Radiación y propagación electromagnética es básica para la carrera de Ingeniería en Electrónica pues está enfocada principalmente al área de Comunicaciones, como es, el diseño de antenas, tipo de antenas y comportamiento de las ondas electromagnéticas propagadas en el espacio y en un medio guiado.

Por lo anterior, esta unidad de aprendizaje pretende brindar al estudiante, conocimientos sobre el diseño de antenas como elementos generadores de ondas electromagnéticas en diferentes medios, técnicas de análisis tanto de forma analítica como gráfica de antenas y arreglo de antenas; para que el alumno lo aplique en el diseño, construcción, instalación, operación y mantenimiento de sistemas de comunicación analógicos, digitales, o en el diseño de antenas, filtros o de circuitos amplificadores de alta frecuencia.

La unidad de aprendizaje de radiación y propagación electromagnética cumple los objetivos planteados en el perfil de egreso y está ubicada dentro del núcleo de formación sustantivo. Se ubica en el sexto periodo lo cual asegura que ya se han adquirido los conocimientos necesarios de Cálculo III y Teoría electromagnética I y II mismas que le anteceden, y le permitirá sentar las bases para las unidades de aprendizaje de aplicación posteriores.

Así mismo, el curso se complementa con el uso de herramientas tecnológicas, el desarrollo y presentación de proyectos, que promuevan en el alumno un análisis crítico científico y tecnológico; aporte de soluciones a problemas actuales que suceden en su entorno.

La UA, consta de cinco unidades temáticas iniciando con los conceptos básicos que están alrededor de los elementos radiadores de ondas electromagnéticas como las antenas, enseguida se conecta la información anterior con las ecuaciones de Maxwell para argumentar la propagación de las ondas en diferentes medios, se continua con el análisis de las antenas lineales y después los arreglos de los elementos radiadores para finalizar con la propagación de la luz o energía electromagnética a través de las fibras ópticas como elementos de propagación de la información.



IV. Objetivos de la formación profesional.

Objetivos del programa educativo:

Son objetivos de los estudios profesionales de la Licenciatura de Ingeniería en Electrónica formar profesionales, críticos, creativos, dispuestos a adquirir el espíritu universitario, interesados por resolver problemas técnicos relacionados con el diseño, ensamble, instalación, evaluación, validación y mantenimiento de sistemas electrónicos contemplando aspectos éticos, humanísticos, de inclusión, en armonía con el medio ambiente para contribuir al progreso, económico y cultural del país y satisfacer las necesidades de la sociedad.

Generales

- Ejercer el diálogo y el respeto como principios de la convivencia con sus semejantes, y de apertura al mundo.
- Reconocer la diversidad cultural y disfrutar de sus bienes y valores.
- Adquirir los valores de cooperación y solidaridad.
- Participar activamente en su desarrollo académico para acrecentar su capacidad de aprendizaje y evolucionar como profesional con autonomía.
- Asumir los principios y valores universitarios, y actuar en consecuencia.
- Aprender los modelos, teorías y ciencias que explican el objeto de estudio de su formación.
- Emplear habilidades lingüístico-comunicativas en una segunda lengua.
- Tomar decisiones y formular soluciones racionales, éticas y estéticas.
- Comprender y aplicar los principios subyacentes a los métodos, técnicas e instrumentos empleados en la intervención profesional.
- Emplear las habilidades técnicas y tecnológicas para evolucionar en el campo laboral.
- Desarrollar un juicio profesional basado en la responsabilidad, objetividad, credibilidad y la justicia.

Particulares

- Ensamblar sistemas electrónicos analógicos y digitales evaluando el tipo, costo, propósito y características de montaje de componentes utilizando los fundamentos de la teoría de los semiconductores, electrónica y teoría electromagnética para contribuir en diversos ámbitos de la sociedad tales como la salud, la educación, la industria y los servicios.



- Instalar sistemas electrónicos analógicos y digitales ponderando los requerimientos técnicos, de espacio, normativos, de prueba y de seguridad empleando el conocimiento de los estándares nacionales e internacionales para solucionar problemas técnicos en el área de automatización, telecomunicaciones, energía sustentable, sistemas de transporte, bioelectrónica y electrónica entre otras dentro de las organizaciones.
- Evaluar sistemas electrónicos analógicos y digitales caracterizando su funcionamiento a partir de sus parámetros de operación y uso para establecer su óptimo desempeño en su vida útil.
- Organizar inspecciones sobre los sistemas electrónicos analógicos y digitales utilizando técnicas analíticas tales como indicadores estadísticos de fiabilidad y disponibilidad para pronosticar fallas y extender la vida útil de los equipos.

Objetivos del núcleo de formación:

Desarrollar en el alumno el dominio teórico, metodológico y axiológico del campo de conocimiento donde se inserta la profesión.

Comprender unidades de aprendizaje sobre los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para dominar los procesos, métodos y técnicas de trabajo; los principios disciplinares y metodológicos subyacentes; y la elaboración o preparación del trabajo que permita la presentación de la evaluación profesional.

Objetivos del área curricular o disciplinaria

Formular idealizaciones particularizando las condiciones de operación de sistema a través de expresiones y simplificaciones de los modelos matemáticos que caracterizan sistemas propios de la electrónica para desarrollar métodos de solución a problemas de instrumentación, suministro de energía, preamplificadores de pequeña señal, máquinas de estado, generadores de señal y de fuerza motriz.

V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.

Analizar la forma en la que la onda electromagnética incluyendo su manifestación en el espectro visible y radio frecuencia viaja a través de distintos medios como en la atmosfera, o encerrada dentro de la fibra óptica haciendo uso de sus propiedades y sus representaciones matemáticas simplificadas utilizando software para simulación para plantear requerimientos de diseño e integración en los sistemas electrónicos, así como los medios necesarios para el envío y recepción de datos.



VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje, y su organización.

Unidad temática 1 Parámetros fundamentales de antenas.

Objetivo: Analizar los parámetros fundamentales de las antenas, mediante el estudio de los elementos radiadores de energía electromagnética en el espacio, para solucionar problemas presentes en la generación y propagación de las ondas electromagnéticas.

Temas:

- 1.1 Conceptos básicos
 - 1.1.1 La antena en un sistema de comunicación
 - 1.1.2 Definición de antena
 - 1.1.3 Teorema de reciprocidad en antenas
 - 1.1.4 Mecanismos de radiación
 - 1.1.5 Nociones históricas
 - 1.1.6 Tipos de antenas
- 1.2 Patrones de radiación
 - 1.2.1 Concepto de patrón de radiación.
 - 1.2.2 Onda esférica y onda plana.
 - 1.2.3 Radián y esterradián
 - 1.2.4 Representación de los patrones de radiación.
 - 1.2.5 Patrones principales
 - 1.2.6 Lóbulos de radiación.
 - 1.2.7 Regiones de campo
- 1.3 Parámetros fundamentales de las antenas
 - 1.3.1 Densidad de potencia de radiación.
 - 1.3.2 Intensidad de radiación.
 - 1.3.3 Directividad.
 - 1.3.4 Ganancia.
 - 1.3.5 Eficiencia.
 - 1.3.6 Ancho de haz de media potencia.
 - 1.3.7 Eficiencia de haz
 - 1.3.8 Ancho de banda
 - 1.3.9 Polarización.
 - 1.3.10 Impedancia de antena.
 - 1.3.11 Eficiencia de radiación.
 - 1.3.12 Apertura efectiva y otros parámetros relacionados.
 - 1.3.13 Relación entre directividad y apertura efectiva.
 - 1.3.14 Temperatura de la antena.
 - 1.3.15 Ecuación de transmisión de Friss.





Unidad temática 2 Teoría de la radiación

Objetivo: Relacionar las ecuaciones de onda a partir de las ecuaciones de Maxwell, para solucionar problemas presentes en la generación y propagación de ondas planas, así como explicar los mecanismos que generan la radiación electromagnética en las antenas.

Temas:

- 2.1 Ecuaciones de Maxwell y sus funciones potenciales.
- 2.2 Mecanismos de radiación.
- 2.3 Radiación a partir de una corriente
- 2.4 Expresiones generales de los campos radiados
- 2.5 Distribuciones de corriente.
- 2.6 Dipolo eléctrico.

Unidad temática 3. Antenas lineales.

Objetivo: Analizar y diseñar antenas lineales, con base en los conceptos y parámetros asociados, a fin de generar y radiar la energía electromagnética con una configuración y en una frecuencia particular usando software.

Temas:

- 3.1 La antena dipolo
 - 3.1.1 El dipolo como antena elemento lineal.
 - 3.1.2 Longitud eléctrica y longitud física de un dipolo.
 - 3.1.3 Regiones de radiación
 - 3.1.4 Dipolo infinitesimal.
 - 3.1.5 Dipolo corto
 - 3.1.6 Regiones de los campos de un dipolo corto.
 - 3.1.7 Dipolo de longitud finita y dipolo de $\frac{1}{2}$
 - 3.1.8 Parámetros fundamentales de un dipolo.
 - 3.1.9 Dipolo doblado.
 - 3.1.10 La antena de monopolo.
 - 3.1.11 Dipolo doblado.
 - 3.1.12 Antenas con núcleo de ferrita.
 - 3.1.13 Baluns
- 3.2 Simulación de antenas lineales mediante software especializado.





Unidad temática 4. Arreglos de antenas lineales.

Objetivo: Analizar y diseñar arreglos de antenas lineales con base en los conceptos y parámetros asociados, así como apoyándose del uso de un software específico de antenas, para generar y radiar la energía electromagnética con una configuración y en una frecuencia específica.

Temas:

- 4.1 El concepto de arreglos lineales.
- 4.2 Antenas de lazo
- 4.3 Antenas helicoidales
- 4.4 Antena Yagi-Uda.
- 4.5 Antena periódica logarítmica.
- 4.6 Antenas con reflector.
- 4.7 Antenas de microcinta.
- 4.8 Simulación de arreglos de antenas mediante software especializado.

Unidad temática 5. Propagación de ondas electromagnéticas en fibras ópticas

Objetivo: Analizar el fenómeno de propagación de ondas electromagnéticas en la fibra óptica, utilizando el concepto de guía de onda y líneas de transmisión, para solucionar problemas presentes en la propagación de la luz como fuente de transmisión y recepción de información.

Temas:

- 5.1 La fibra óptica como guía de onda.
- 5.2 Teoría de rayos para la transmisión
- 5.3 Reflexión interna total, ángulo de aceptación, apertura numérica, índice de refracción.
- 5.4 Fibra multimodo de índice escalonado e índice gradual.
- 5.5 Fibra monomodo.
- 5.6 Pérdidas en las fibras ópticas por absorción, dispersión.
- 5.7 Fuentes ópticas led, laser
- 5.8 Detectores ópticos, foto diodo pin, foto diodo de avalancha



VII. Acervo bibliográfico.

Básico:

- Balmain, J., (2015), *Electromagnetics waves and radiating system*, Pearson.
- González, A., (2005), *Problemas de campos electromagnéticos*. Serie Schaum. McGraw-Hill.
- H. Hayt, Jr y John A. Buck, (2020). *Engineering Electromagnetics*, 9th Edition. Mc Graw Hill.
- John R. Reitz, Frederick, J. y Robert, W., (1999), *Fundamentos de la Teoría Electromagnética*. Addison Wesley Iberoamericana, S A.
- Jordon, E., (2015), *Electromagnetic Waves and Radiating Systems* Paperback–15 Jun 2015.
- Kraus, J, Fleisch, D., (2017), *Electromagnetismo con aplicaciones*. Create Space Independent Publishing Platform.
- Neri, R., (1999), *Líneas de transmisión*, Mc. Graw Hill.
- Philip, C., Gerald, C., Vijai, K., Weisssharvr, A., (2001), *Transmission and wave propagation*, CRC Press.
- Romo, C. M., (2012), *Ejercicios Desarrollados de Electricidad y Magnetismo*
- Sosa, J., (1994), *Líneas de transmisión y guías de onda*. Editorial Limusa.
- Zozaya, A., (2017), *Apuntes de Teoría Electromagnética: Ingeniería de Telecomunicaciones*, Editorial Académica Española.

Complementario:

- Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics* -- Serway and Jewett 10.
- Manual del analizador de espectro EU.*, 1991 (Modelo N9320B)
Cengage/ Webassing. Online plataforma.
- Electromagnetism I MIT OpenCourseWare <https://ocw.mit.edu/courses/physics/8-02-physics-ii-electricity-and-magnetism-spring-2007/>
- <https://ocw.mit.edu/high-school/physics/exam-prep/electromagnetism/>
- <https://es.khanacademy.org/>
- <https://www.amanogawa.com>

