



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**LICENCIATURA EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**PROGRAMA DE ESTUDIOS**

**Teoría Electromagnética II**

<b>Elaboró:</b>	<u>Dr. Juan Carlos Pérez Merlos</u>	<u>Facultad de Ingeniería</u>
	<u>Dr. Giorgio Mackenzie Cruz Martínez</u>	<u>Facultad de Ingeniería</u>
	<u>Dr. José Caballero Viñas</u>	<u>Facultad de Ingeniería</u>
	<u>Ing. Miriam Oyuky Alcántara García</u>	<u>Facultad de Ingeniería</u>

**Fecha de  
aprobación:**

**H. Consejo Académico**

18 de enero de 2021



**Facultad de Ingeniería**

**H. Consejo de Gobierno**

20 de enero de 2021



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

20 ENE 2021

CONSEJOS ACADÉMICO Y DE GOBIERNO  
DICTAMEN: APROBADO



## Índice

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





## I. Datos de identificación.

Espacio académico  
donde se imparte

**Facultad de Ingeniería**

Estudios profesionales

**Licenciatura de Ingeniería Electrónica, 2019**

Unidad de aprendizaje

**Teoría electromagnética II**

Clave

**LINE21**

Carga académica

**4**

Horas  
teóricas

**2**

Horas  
prácticas

**6**

Total de  
horas

**10**

Créditos

Carácter

**Obligatoria**

Tipo

**Curso**

Periodo escolar

**Quinto**

Área  
curricular

**Ciencias de la Ingeniería**

Núcleo de  
formación

**Sustantivo**

Seriación

**Electricidad y magnetismo I**

**Radiación y propagación  
electromagnética**

UA Antecedente

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 Ecuaciones de Maxwell, ya que son el fundamento para entender cómo se propagan las señales a altas frecuencias en líneas de transmisión o como una onda plana uniforme viaja en el espacio, estas ecuaciones son la base para el análisis matemático y físico del comportamiento en la naturaleza de las ondas electromagnéticas en diferentes medios incluyendo guías de onda y la fibra óptica.

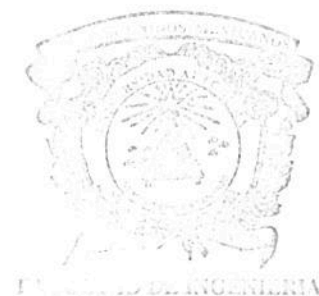
Las ecuaciones de Maxwell delinearon el camino de la época moderna en lo que refiere a la revolución tecnológica, cambiando radicalmente las formas de comunicación y la forma de vida de la humanidad.

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 Teoría electromagnética II es básica para la carrera de Ingeniería en Electrónica pues está enfocada principalmente para el área de Comunicaciones, como es, el comportamiento de las ondas electromagnéticas propagadas en el espacio y en un medio guiado. Pretende brindar al alumno, conocimientos sobre campo eléctrico y magnético variantes en el tiempo, las leyes que permiten ver cómo se comporta la onda electromagnética en diferentes medios, técnicas de análisis tanto analítica como gráfica de líneas de transmisión; 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 o de circuitos amplificadores de alta frecuencia.

La unidad de aprendizaje de Teoría Electromagnética II, cumple los objetivos planteados en el perfil de egreso y se ubica en el quinto periodo lo cual asegura que ya se han adquirido los conocimientos necesarios de Cálculo III y Teoría electromagnética I, lo cual permitirá sentar las bases para las unidades de aprendizaje de aplicación posteriores.

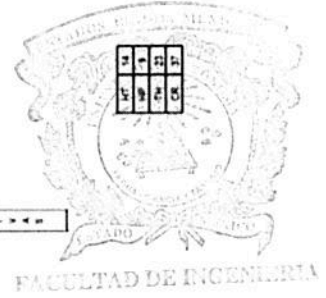
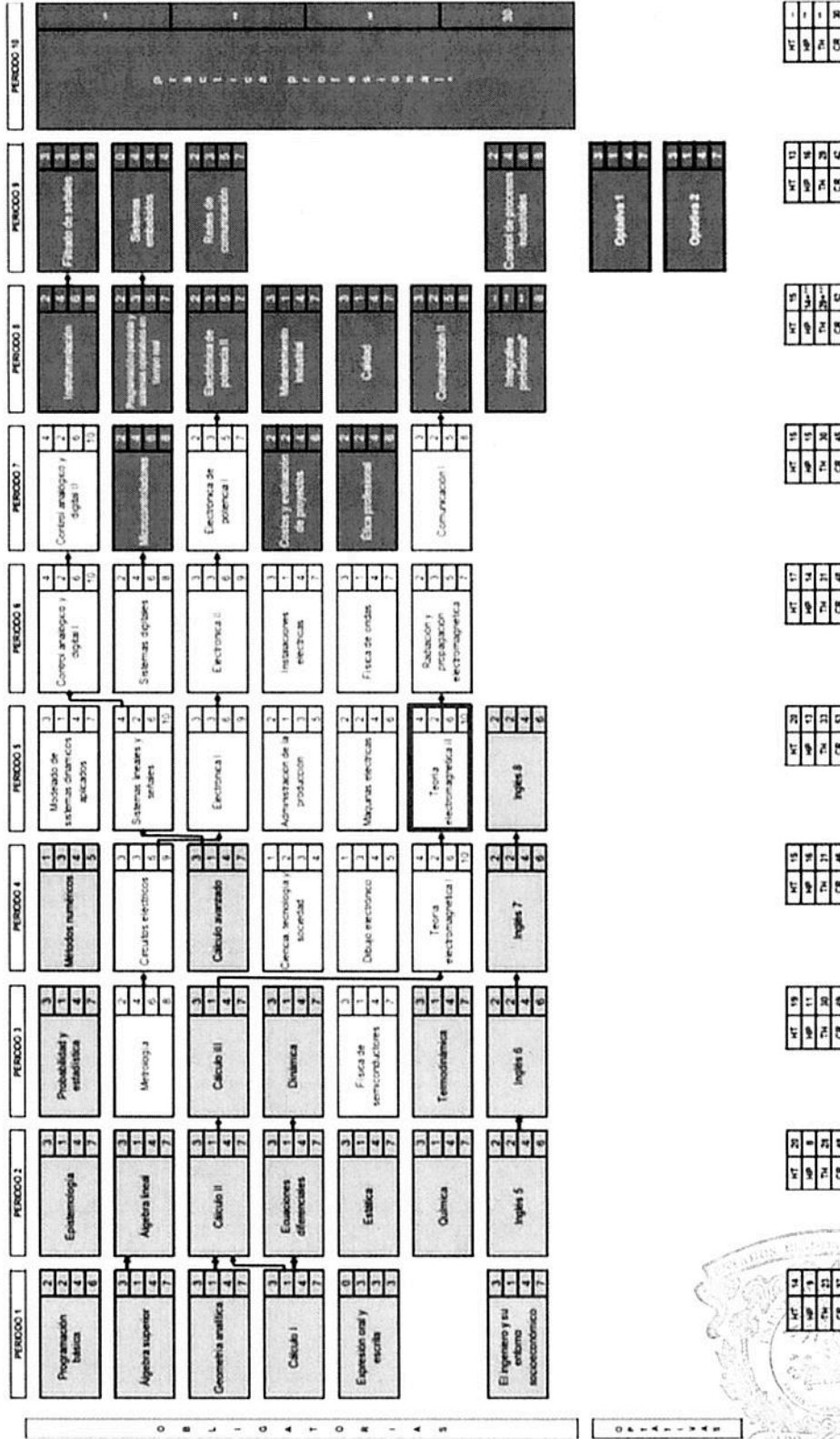
Así mismo, el curso se complementa con el uso de herramientas tecnológicas, el desarrollo y presentación de proyectos, que promuevan en el alumno un análisis crítico científico y tecnológico; aporte de soluciones a problemas actuales que suceden en su entorno.





### III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular

MAPA CURRICULAR DE LA LICENCIATURA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, 2019





Proyecto curricular de la Licenciatura de Ingeniería en Electrónica  
Reestructuración, 2019  
Secretaría de Docencia • Dirección de Estudios Profesionales



DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE OPTATIVAS

PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7	PERIODO 8	PERIODO 9	PERIODO 10
								Electrónica I 3 1 4 7	
								Ingeniería de audio 3 1 3 8 7	
								Robótica 3 1 4 7	
								Electrónica de potencia en sistemas trifásicos 3 1 3 4 7	
								Electrónica de las células de potencia de transistores 3 1 3 4 7	
								Teléfono 3 1 3 4 7	
								Control avanzado 3 1 3 4 7	

RESUMEN DE LA CARRERA

UNIDADES DE APRENDIZAJE	47 UNIDADES OPTATIVAS
UNIDADES DE APRENDIZAJE OBLIGATORIAS	31 UNIDADES
TOTAL UNIDADES DE APRENDIZAJE	78 UNIDADES

→ A la hora de aplicar:  
Criterio de selección: 27 unidades de las unidades optativas.  
Requisitos académicos:  
\* Las horas de la actividad académica.  
\* Las unidades de las unidades optativas, cursos y actividades de grado.  
\* Nota mínima.

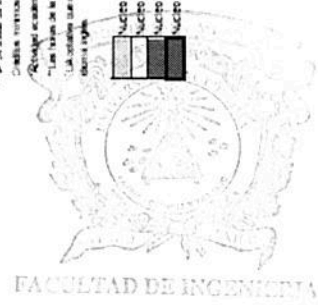
Unidad básica obligatoria	15
Unidad sustantiva obligatoria	16
Unidad optativa obligatoria	17
Unidad optativa	18

PARAMÉTRICOS DEL PLAN DE ESTUDIOS

Núcleo básico obligatorio cursado acreditar 22 UA	56 31 25 143	Totales de núcleo básico acreditar 22 UA para cubrir 143 créditos
Núcleo sustantivo obligatorio cursado acreditar 21 UA	16 47 135 163	Totales de núcleo sustantivo acreditar 21 UA para cubrir 163 créditos
Núcleo integral obligatorio cursado acreditar 13 UA o P	36 106 142 188	Totales de núcleo integral acreditar 13 UA o P para cubrir 142 créditos

Totales de núcleo básico	143
Totales de núcleo sustantivo	163
Totales de núcleo integral	142

TOTAL DEL PLAN DE ESTUDIOS	448
LA OBLIGATORIAS	31
LA OPTATIVAS	47
CREDITOS	142



FACULTAD DE INGENIERÍA



#### **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 las ecuaciones de Maxwell aplicando sus modelos matemáticos y utilizando software especializado para comprender los campos electromagnéticos variantes en el tiempo y su transmisión en distintos medios; además de asociar éstos campos electromagnéticos con las ecuaciones de onda, para definir la onda plana uniforme y los fenómenos asociados a ella; con el propósito de sentar las bases y principios de propagación y radiación de las ondas electromagnéticas.







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

### Unidad temática 1. Campos variantes con el tiempo y ecuaciones de Maxwell

**Objetivo:** Analizar las ecuaciones de Maxwell a través de las leyes fundamentales para evaluar el comportamiento del campo electromagnético en una región del espacio o en un material.

**Temas:**

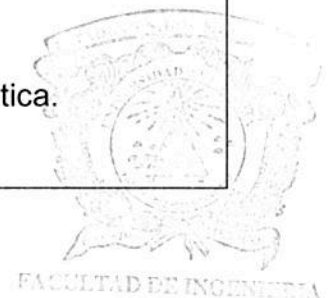
- 1.1 Introducción
- 1.2 Ley de Faraday
- 1.3 Principio de conservación de la carga y ecuación de continuidad. Corriente de desplazamiento.
- 1.4 Ecuaciones de Maxwell (en forma diferencial, integral y armónica)
- 1.5 Los potenciales retardados.

### Unidad temática 2. La onda plana uniforme

**Objetivo:** Relacionar las ecuaciones de onda a partir de las ecuaciones de Maxwell, para solucionar problemas presentes en las ondas planas y sus características de propagación en diferentes medios.

**Temas:**

- 2.1 Obtención de la ecuación de onda a partir de las ecuaciones de Maxwell
- 2.2 Ecuaciones de onda del campo eléctrico y campo magnético
  - 2.2.1 Propagación en el espacio libre
  - 2.2.2 Propagación en medios materiales homogéneos isotópicos y lineales.
- 2.3 Forma fasorial de las ecuaciones de onda para campos que varían armónicamente en el tiempo.
- 2.4 Ondas esféricas y ondas planas.
- 2.5 Solución de la ecuación de onda fasorial para ondas planas uniformes
  - 2.5.1 Propagación en el espacio libre
  - 2.5.2 Propagación en un medio material homogéneo, isotrópico y lineal.
- 2.6 La onda transversal electromagnética (TEM) en el espacio libre y en un medio material de extensión ilimitada.
- 2.7 Tangente de pérdida y comportamiento de las ondas electromagnéticas en:
  - 2.7.1 El espacio libre
  - 2.7.2 Medios ideales
  - 2.7.3 Medios reales.
- 2.8 El teorema de Poynting y la potencia de las ondas
- 2.9 Polarización de ondas electromagnéticas: lineal, circular y elíptica.
- 2.10 Efecto Doppler en ondas electromagnéticas.





### Unidad temática 3. Reflexión de ondas planas y dispersión

**Objetivo:** Analizar los fenómenos de reflexión y refracción con base en los conceptos relacionados a la propagación de las ondas electromagnéticas, para conocer su incidencia en la frontera entre dos medios.

#### Temas:

- 3.1 Condiciones de frontera para los campos eléctricos y magnéticos.
- 3.2 Reflexión de ondas planas en incidencia normal en dieléctricos y conductores:
  - 3.2.1 Coeficientes de reflexión y transmisión
  - 3.2.2 Ondas estacionarias
  - 3.2.3 Relación de onda estacionaria (S.W.R.)
  - 3.2.4 Coeficiente de reflexión generalizado
  - 3.2.5 Impedancia de entrada
- 3.3 Incidencia normal en varios dieléctricos colocados paralelamente
  - 3.3.1 Métodos de análisis.
  - 3.3.2 Técnicas para evitar reflexiones (ventana dieléctrica de  $\frac{1}{2}$  lambda y capa de  $\frac{1}{4}$  lambda).
  - 3.3.3 Aplicaciones.
- 3.4 Ondas planas orientadas arbitrariamente.
- 3.5 Reflexión y refracción de ondas planas que inciden oblicuamente:
  - 3.5.1 Descripción de los elementos de referencia para la reflexión y refracción
  - 3.5.2 Leyes de la reflexión y la refracción (ley de Snell).
  - 3.5.3 Incidencia oblicua en un dieléctrico y en un conductor.
  - 3.5.4 Ángulo crítico y reflexión interna total. Ángulo de Brewster





#### **Unidad temática 4. Líneas de transmisión**

**Objetivo:** Analizar el fenómeno ondulatorio en las líneas de transmisión con base en los conceptos y parámetros asociados a estructuras básicas de elementos conductores y dieléctricos empleados, para guiar la energía electromagnética de un lugar a otro.

#### **Temas:**

- 4.1 Descripción física: Líneas de transmisión
- 4.2 Ecuaciones de las líneas de transmisión
- 4.3 Propagación sin pérdidas
- 4.4 Caracterización de la transmisión de potencia y pérdidas
  - 4.4.1 Efectos de pérdidas en líneas.
  - 4.4.2 Línea sin distorsión: Condición de Heaviside
- 4.5 Reflexión de la onda en las discontinuidades
- 4.6 Relación de onda estacionaria de voltaje
- 4.7 Líneas de transmisión de longitud finita
- 4.8 Cartas de líneas de transmisión: La carta Smith.
  - 4.8.1 Determinación de impedancias y admitancias
  - 4.8.2 VSWR
  - 4.8.3 Coeficientes de reflexión
  - 4.8.4 Acoplamiento con stubs
- 4.9 La línea de transmisión de placas paralelas. Ondas TEM, TE y TM en las líneas de transmisión.
- 4.10 La guía de onda rectangular metálica.
- 4.11 La guía de onda cilíndrica metálica.





## 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. 9va edición.
- 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
- Nery, R. (1999). *Líneas de transmisión*, Mc. Graw Hill.
- Philip, C., Gerald, C., Vijai, K., Weissharvr, 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. Cengage/ Webassing. Online plataform.
- Electromagnetism | MIT OpenCourseWare | Free Online
- <https://ocw.mit.edu/high-school/physics/exam-prep/electromagnetism/>
- Manual del analizador de espectro EU., 1991 (Modelo N9320B)
- <https://es.khanacademy.org/>
- <https://www.amanogawa.com>

