

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN BÁSICA
COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN PROFESIONAL Y VINCULACIÓN UNIVERSITARIA
PROGRAMA DE UNIDAD DE APRENDIZAJE

I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN

1. **Unidad Académica:** Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Ensenada; Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Tijuana y Facultad de Ingeniería, Mexicali.
2. **Programa Educativo:** Ingeniero en Electrónica
3. **Plan de Estudios:**
4. **Nombre de la Unidad de Aprendizaje:** Líneas de Transmisión y Antenas
5. **Clave:**
6. **HC:** 01 **HL:** 02 **HT:** 02 **HPC:** 00 **HCL:** 00 **HE:** 01 **CR:** 06
7. **Etapas de Formación a la que Pertenece:** Terminal
8. **Carácter de la Unidad de Aprendizaje:** Optativa
9. **Requisitos para Cursar la Unidad de Aprendizaje:** Ninguno



Equipo de diseño de PUA

Patricia Luz Aurora Rosas Méndez
Arturo Velázquez Ventura
David Alejandro Zevallos Castro
Eduardo Álvarez Guzmán
María Jesús Ruiz Soto
José Antonio Michel Macarty

Firma

Vo.Bo. de Subdirectores de Unidades Académicas

Humberto Cervantes de Ávila
Rocío Alejandra Chávez Santoscoy
Alejandro Mungaray Moctezuma

Firma

Fecha: 21 de noviembre de 2018

II. PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Brindar las herramientas para el análisis, diseño, la construcción y caracterización de circuitos de radiofrecuencia y antenas. Dada la creciente tendencia de dispositivos móviles, es necesario comprender el comportamiento de circuitos que emplean las ondas de radio, para el enlace e interacción entre dispositivos. Su utilidad radica en que le brinda al alumno las bases para la electrónica de radiofrecuencia y microondas.

Se imparte en la etapa terminal con carácter optativo y pertenece al área de conocimiento Ingeniería Aplicada.

III. COMPETENCIA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Construir y caracterizar circuitos de líneas de transmisión y antenas, mediante la aplicación de las herramientas de la teoría de líneas de transmisión de manera eficiente, para solucionar problemas de diseño, construcción, acoplamiento e impedancia con apego a la normatividad, de manera proactiva y responsable.

IV. EVIDENCIA(S) DE DESEMPEÑO

Diseña, construye y caracteriza un circuito de elementos distribuidos y una antena para altas frecuencias, además realiza un reporte técnico de diseño para el circuito y para la antena. El reporte debe incluir fundamentos teóricos, diseño, modelado, gráficas de impedancia y respuesta a la frecuencia, patrón de radiación, directividad y ganancia, conclusiones y escenario de aplicación.

V. DESARROLLO POR UNIDADES

UNIDAD I. Teoría de líneas de transmisión

Competencia:

Aplicar los fundamentos teóricos y de operación, así como las características generales de las líneas de transmisión, considerando la normatividad específica, para cuantificar los parámetros que intervienen en los sistemas de altas frecuencias, con actitud analítica y crítica.

Contenido:**Duración: 5 horas**

- 1.1. Introducción, requisitos físicos, normas y conformidad
 - 1.1.1. NOM-001-SEDE-1999, Rec ITU-R M.694-0, Rec ITU-R BO.1900, Rec ITU-R S.465-6
- 1.2. Tipos y clasificación de las líneas de transmisión
- 1.3. Teoría básica de la propagación electromagnética en líneas de transmisión
- 1.4. Ondas de voltaje y ondas de corriente
- 1.5. Impedancia en un punto arbitrario de una línea de transmisión
- 1.6. Coeficiente de reflexión y relación de onda estacionaria
- 1.7. Pérdidas por retorno y pérdidas por desacoplamiento
- 1.8. Parámetros de una línea de transmisión
- 1.9. Elementos concentrados y elementos distribuidos en líneas de transmisión
- 1.10. Líneas de transmisión sin pérdidas y de bajas pérdidas

UNIDAD II. Líneas de transmisión

Competencia:

Aplicar la teoría de líneas de transmisión en el cálculo de acopladores de las mismas, mediante el método analítico y gráfico, así como a través de la conversión de parámetros y la implementación de componentes básicos, para analizar el comportamiento de circuitos de alta frecuencia, con actitud crítica y colaborativa.

Contenido:

Duración: 6 horas

- 2.1. Acoplamiento de impedancias y las consideraciones de ancho de banda
- 2.2. Carta de Smith: desarrollo y aplicaciones y el método analítico
- 2.3. Acoplamiento con un stub en serie
- 2.4. Acoplamiento con un stub en paralelo
- 2.5. Acoplamiento con dos stubs separados una distancia
- 2.6. Parámetros de impedancia $[Z]$, de Admitancia $[Y]$
- 2.7. Parámetros de transmisión $[ABCD]$ y parámetros de transferencia $[T]$
- 2.8. Parámetros de dispersión $[S]$
- 2.9. Conversión de parámetros
- 2.10. Componentes básicos de líneas de transmisión: acoplador de cuarto de longitud de onda, acoplador direccional, variadores de fase, circuladores y baluns

UNIDAD III. Antenas

Competencia:

Aplicar los fundamentos teóricos, de operación y las características generales de las antenas, para cuantificar los parámetros que intervienen en su diseño y desempeño, mediante las técnicas específicas de análisis y diseño, con actitud analítica y crítica.

Contenido:

Duración: 5 horas

- 3.1. Funcionamiento de una antena.
 - 3.1.1. Radiación y recepción de ondas electromagnéticas
 - 3.1.2. Tipos y clasificación de las antenas
- 3.2. Parámetros de antenas
 - 3.2.1. Patrones de radiación
 - 3.2.2. Condiciones de campo lejano y regiones de campo
 - 3.2.3. Directividad y Ganancia
 - 3.2.4. Impedancia de antena y eficiencia de radiación
 - 3.2.5. Polarización de antenas
 - 3.2.6. Antenas sobre planos de tierra perfectos y efectos de interferencia
 - 3.2.7. Consideraciones prácticas para antenas eléctricamente pequeñas
- 3.3. Consideraciones de diseño de antenas
- 3.4. Caracterización de antenas

VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE TALLER

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
1	<p>Analizar los conceptos básicos de la propagación de ondas de voltaje y corriente en líneas de transmisión, mediante la aplicación de las ecuaciones desarrolladas a partir de modelos simples, para resolver problemas de propagación y adaptación de impedancias, de una forma analítica y ordenada.</p>	<p>Esta práctica se divide en 5 etapas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrolla expresiones matemáticas para representar ondas de voltaje y corriente que se propagan a través de una línea de transmisión. 2. Calcula la impedancia de entrada de una línea de transmisión sin pérdidas a una distancia dada desde una impedancia de carga. 3. Aplica las fórmulas de adaptación de impedancias para calcular los valores de elementos en una topología circuital dada y lograr la adaptación de impedancias. 4. Aplica las fórmulas adecuadas para diseñar redes de adaptación entre dos dispositivos o componentes para reducir las reflexiones entre ellos. 5. Aplica las fórmulas de conversión para representar elementos concentrados como segmentos de líneas de transmisión (stubs). 	<p>Problemario, calculadora y apuntes de clase.</p>	<p>8 horas</p>
2	<p>Utilizar la Carta de Smith, mediante el mapeo de un plano complejo de impedancias a un plano complejo de coeficientes de reflexión, para comprender su aplicación en la</p>	<p>Esta práctica se divide en 3 etapas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Representa impedancias normalizadas de elementos 	<p>Problemario, apuntes de clase, cartas de Smith, calculadora, regla graduada compás y transportador.</p>	<p>8 horas</p>

	<p>resolución de problemas de líneas de transmisión, de forma analítica y ordenada.</p>	<p>circuitales individuales sobre la Carta de Smith.</p> <p>2. Realiza la lectura en la Carta de Smith de los parámetros de los Coeficientes de Reflexión así como del VSWR y la Pérdidas por Regreso asociados a las impedancias normalizadas representadas.</p> <p>3. Utiliza la Carta de Smith en la resolución de problemas de líneas de transmisión para determinar el valor de la impedancia de entrada de una línea de transmisión sin pérdidas a una distancia dada desde una impedancia de carga.</p>		
3	<p>Resolver problemas de propagación sobre líneas de transmisión, mediante la aplicación de la Carta de Smith, para diseñar redes de adaptación de impedancias con elementos concentrados, de una forma analítica y ordenada.</p>	<p>Esta práctica se divide en 5 etapas:</p> <p>1. Define los valores de elementos en una topología circuital de elementos concentrados dada, para lograr la adaptación de impedancias, mediante desplazamientos adecuados sobre la Carta de Smith.</p> <p>2. Diseña una red de adaptación entre dos dispositivos o componentes para reducir las reflexiones entre ellos.</p> <p>3. Calcula las matrices de parámetros de impedancia, admitancia y ABCD para diferentes elementos de línea de transmisión (stubs).</p> <p>4. Calcula las matrices de</p>	<p>Problemario, apuntes de clase, cartas de Smith, calculadora, regla graduada, compás y transportador.</p>	8 horas

		<p>parámetros de dispersión y transmisión para diferentes elementos de línea de transmisión (stubs).</p> <p>5. Aplica las fórmulas de conversión entre parámetros para representar diferentes elementos de línea de transmisión (stubs) en la forma más conveniente para el análisis de circuitos.</p>		
4	<p>Diseñar antenas dipolares, mediante técnicas de análisis matemático, para asegurar su funcionamiento a una frecuencia deseada, con actitud crítica y responsable.</p>	<p>1. Aplica las fórmulas de diseño para una Antena dipolo, y comprueba el diseño empleando un simulador, como Numerical Electromagnics Code (NEC), (NEC2) u otro.</p> <p>2. Aplica las fórmulas de diseño para una Antena Yagi-uda, y comprueba el diseño empleando un simulador, como Numerical Electromagnics Code (NEC), (NEC2) u otro.</p> <p>3. Aplica las fórmulas de diseño para una Antena log-periódica, y comprueba el diseño empleando un simulador, como Numerical Electromagnics Code (NEC), (NEC2) u otro.</p>	<p>Problemario, apuntes de clase, calculadora y simulador.</p>	8 horas

VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
1	Demostrar la existencia del coeficiente de reflexión, para comprender su comportamiento, mediante el principio de reflectometría en el dominio del tiempo, con actitud analítica y objetiva.	<p>Esta práctica se divide en tres etapas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identifica las señales incidente y reflejada en líneas de transmisión de diferente longitudes, en presencia de diferentes valores de carga. 2. Determina la relación entre las señales incidente y reflejada en líneas de transmisión de diferentes longitudes, para diferentes valores de carga. 3. Determina el valor de la velocidad de propagación en líneas de transmisión de diferentes longitudes. <p>Entrega del reporte de la práctica de laboratorio</p>	Generador de funciones, Osciloscopio, cables coaxiales, adaptadores tipo barril para cables coaxiales y carga de 50 ohms tipo BNC.	6 horas
2	Aplicar los fundamentos teóricos sobre propagación electromagnética, mediante experimentación, para caracterizar algunos tipos de línea de transmisión, con actitud crítica y objetiva.	<p>Esta práctica se divide en dos etapas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Determina el comportamiento en ancho de banda de líneas de transmisión mediante la medición de pérdidas a diferentes frecuencias. 2. Determina la impedancia de entrada de una línea de transmisión de un oscilador a una frecuencia determinada. <p>Entrega del reporte de la práctica de laboratorio</p>	Generador de RF, analizador de espectros, cables coaxiales de diferentes diámetros y longitudes, conectores diversos SMA, Tipo N y BNC.	6 horas
3	Diseñar una línea de transmisión planar de 50 ohms, empleando la teoría de circuitos de RF, para medir	<p>Esta práctica se divide en dos etapas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Construye una línea de 	Simulador de circuitos de RF y microondas, generador de	8 horas

	las propiedades del circuito, con precisión y atención al detalle.	transmisión planar con impedancia de 50 ohms. 2. Caracteriza la línea construida para determinar sus parámetros a diferentes frecuencias. Entrega del reporte de la práctica de laboratorio	RF, analizador de espectros, cables coaxiales de diferentes diámetros y longitudes, conectores diversos SMA, Tipo N y BNC, placa fenólica FR4, cloruro férrico y plumón de tinta permanente o film azul para impresión de circuitos.	
4	Aplicar los fundamentos teóricos sobre antenas, para el diseño, construcción y caracterización de una antena, mediante el cálculo de dimensiones de los elementos de la antena y el cumplimiento de los estándares, con orden y precisión.	Esta práctica se divide en tres etapas: 1. Calcula y construye una antena dipolo, para una frecuencia de operación específica. 2. Determina la impedancia de la antena diseñada, y diseña el acoplamiento adecuado para el sistema. 3. Caracteriza el patrón de radiación de una antena diseñada.	Generador de RF, analizador de espectros, cables coaxiales, conectores SMA y N, y adaptadores SMA-N.	6 horas
5	Aplicar los fundamentos teóricos sobre antenas, para construir, diseñar y caracterizar una antena en tecnología planar, cumpliendo con los criterios establecidos, con honestidad y seguridad.	Esta práctica se divide en tres etapas: 1. Diseña, construye y caracteriza una antena de parche aplicando las ecuaciones adecuadas de diseño. 2. Diseña y construye una red de acoplamiento para la antena diseñada. 3. Caracteriza el circuito completo para verificar el comportamiento de todo el sistema.	Simulador de circuitos de RF y microondas, generador de RF, analizador de espectros, cables coaxiales de diferentes diámetros y longitudes, conectores diversos SMA, Tipo N y BNC, placa fenólica FR4, cloruro férrico, plumón de tinta permanente o film azul para impresión de circuitos.	6 horas

VII. MÉTODO DE TRABAJO

Encuadre: El primer día de clase el docente debe establecer la forma de trabajo, criterios de evaluación, calidad de los trabajos académicos, derechos y obligaciones docente-alumno.

Estrategia de enseñanza (docente)

El docente para la realización de su función como guía y facilitador del aprendizaje emplea las siguientes estrategias: exposición, análisis de casos, planteamiento de problemas y ejercicios, desarrollo de simulaciones y prácticas de laboratorio, propicia la participación activa de los estudiantes, apoya el proceso de aprendizaje, resuelve dudas de los estudiantes y aplica exámenes.

Estrategia de aprendizaje (alumno)

El alumno para aprender realiza las siguientes actividades: resuelve ejercicios, desarrolla y diseña proyectos, realiza investigación documental, elabora reportes de taller y laboratorio, participa en clase, colabora con compañeros en los proyectos y exposiciones de casos o temas para ejemplificar temáticas.

VIII. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La evaluación será llevada a cabo de forma permanente durante el desarrollo de la unidad de aprendizaje de la siguiente manera:

Criterios de acreditación

- Para tener derecho a examen ordinario y extraordinario, el estudiante debe cumplir los porcentajes de asistencia que establece el Estatuto Escolar vigente.
- Calificación en escala del 0 al 100, con un mínimo aprobatorio de 60.
- Para exentar el examen ordinario del curso debe presentar todos los exámenes parciales (al menos 2, acorde con el estatuto escolar) y obtener al menos un 40% de la calificación en ellos, presentar al menos el 40% de las actividades de taller y participar en todas las prácticas de laboratorio.

Criterios de evaluación

- Evaluaciones parciales (al menos 2).....	15%
- Prácticas de laboratorio.....	15%
- Actividades de taller	10%
- Evidencia de desempeño.....	60%
(Circuito de elementos distribuidos y una antena para altas frecuencias)	
Total.....	100%

Los reportes de laboratorio deben incluir el fundamento matemático correspondiente, la metodología específica para el caso proporcionado por el docente y los cálculos asociados con el comportamiento sistemas lineales, así como la interpretación de los resultados obtenidos. Incluir al menos 2 referencias bibliográficas formales citadas de manera pertinente, ser entregado en tiempo y forma, con corrección ortográfica.

IX. REFERENCIAS

Básicas	Complementarias
Adamy, D. (2014). <i>Practical Communication Theory</i> . U.K.: Institution of Engineering and Technology.	Collin, R.E. (1985). <i>Antennas and Radiowave Propagation</i> . (1 st ed.). USA: McGraw-Hill College. 508 páginas. [clásica]
Antenna-Theory.com. (2015). <i>Antenna Basics</i> . Recuperado el 19 de septiembre de 2018, de http://www.antenna-theory.com/basics/main.php	Collin, R.E. (2001). <i>Foundations for Microwave Engineering</i> . (2 nd ed.). USA: Wiley-IEEE Press. 944 páginas. [clásica]
Balanis, C.A. (2005). <i>Antenna Theory: Analysis and Design</i> (3 th ed.). USA: John Wiley & Sons. [clásica]	Hopengarten, F. (2009). <i>Antenna Zoning: Broadcast, Cellular & Mobile Radio, Wireless Internet- Laws, Permits & Leases</i> , (1 st ed.). USA: Focal Press. [clásica]
Balanis, C.A. (2008). <i>Modern Antenna Handbook</i> . USA: John Wiley & Sons. [clásica]	Kraus, J.D. & Marhefka, R.J. (2001). <i>Antennas For All Applications</i> (3 rd ed.). USA: McGraw-Hill Science/Engineering/Math. [clásica]
Brandeis University. (2015). <i>Transmission Line Analysis</i> . Recuperado el 19 de septiembre de 2018, de http://alignment.hep.brandeis.edu/Lab/XLine/XLine.html	Kraus, J.D. & Marhefka, R.J. (2001). <i>Antennas</i> (3 rd ed.).USA: McGraw-Hill Education Singapore. [clásica]
Eroglu, A. (2017). <i>RF Circuit Design Techniques for MF-UHF Applications</i> . USA: CRC Press.	Lee, K.F., Luk, K.M. & Lai, H.W. (2017). <i>Microstrip Patch Antennas</i> (2 nd ed.). USA: World Scientific Publishing Company.
Georgia State University, Hyperphysics. (2017). <i>Maxwell's Equations</i> . Recuperado el 19 de septiembre de 2018, de http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/maxeq.html	Lehpamer, H. (2010). <i>Microwave Transmission Networks</i> (2 nd ed.). USA: McGraw-Hill Education. [clásica]
González, G. (s.f.). <i>Microwave Transistor Amplifiers: Analysis and Design</i> , (2 nd ed.). USA: Prentice Hall.	Milligan, T.A. (2005). <i>Modern Antenna Design</i> (2 nd ed.). USA: Wiley-IEEE Press. [clásica]
Hippisley, G.W. & Carr, J.J. (2011). <i>Practical Antenna Handbook</i> , (5 th ed.). USA: McGraw-Hill Education TAB 5/e. [clásica]	Pozar, D.M. (2000). <i>Microwave and Rf Design of Wireless Systems</i> (1 st ed.).USA: Wiley. [clásica]
National Radio Astronomy Observatory. (2016). <i>Antenna Fundamentals</i> . Recuperado el 19 de septiembre de	Secretaría de Energía. <i>NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas</i> . DOF 28 de Abril de 1999. [clásica]
	Spiegel, M.R., Lipschutz S., Schiller J.J. & Spellman D. (2011).

<p>2018, de https://www.cv.nrao.edu/course/astr534/AntennaTheory.html</p> <p>Pozar, D.M. (2013). <i>Microwave Engineering</i> (4th ed.). India: Wiley Student Edition. ISBN: 978-8-126541904.</p> <p>Rehna, V.J. (2012). <i>Fundamentals of Transmission Lines and Antennas</i>, (1st ed.). Países Bajos: Elsevier. [clásica]</p> <p>Safak, M. (2017). <i>Digital Communications</i>. USA: John Wiley & Sons.</p>	<p><i>Variable Compleja</i>. (2^a ed.). México: McGraw-Hill Education. 373 páginas. [clásica]</p> <p>Stutzman, W.L. & Thiele, G.A. (2012). <i>Antenna Theory and Design</i>, (3rd ed.). USA: Wiley. [clásica]</p>
---	--

X. PERFIL DEL DOCENTE

El docente que imparta esta asignatura deberá poseer título de Ingeniero en Electrónica o equivalente con formación en el área de Sistemas de Comunicación, Radiofrecuencia y Microondas. De preferencia con maestría, doctorado o tres años de experiencia en las áreas mencionadas. Es deseable que participe en cursos de formación docente, cuente con buen nivel de comunicación efectiva, que propicie la colaboración y el trabajo en equipo. Proactivo, analítico, responsable, con un alto sentido de la ética y la honestidad, y con vocación de servicio a la enseñanza. Facilitador del logro de competencias, promotor del aprendizaje autónomo y responsable en el alumno, con dominio de tecnologías de la información y comunicación para apoyo de los procesos de enseñanza-aprendizaje.