

**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:** 2020-1
4. **Nombre de la Unidad de Aprendizaje:** Líneas de Transmisión y Antenas
5. **Clave:** 36185
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"> <li>1. Desarrolla expresiones matemáticas para representar ondas de voltaje y corriente que se propagan a través de una línea de transmisión.</li> <li>2. Calcula la impedancia de entrada de una línea de transmisión sin pérdidas a una distancia dada desde una impedancia de carga.</li> <li>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.</li> <li>4. Aplica las fórmulas adecuadas para diseñar redes de adaptación entre dos dispositivos o componentes para reducir las reflexiones entre ellos.</li> <li>5. Aplica las fórmulas de conversión para representar elementos concentrados como segmentos de líneas de transmisión (stubs).</li> </ol>	<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"> <li>1. Representa impedancias normalizadas de elementos</li> </ol>	<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>Problematario, 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"> <li>1. Identifica las señales incidente y reflejada en líneas de transmisión de diferente longitudes, en presencia de diferentes valores de carga.</li> <li>2. Determina la relación entre las señales incidente y reflejada en líneas de transmisión de diferentes longitudes, para diferentes valores de carga.</li> <li>3. Determina el valor de la velocidad de propagación en líneas de transmisión de diferentes longitudes.</li> </ol> <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"> <li>1. Determina el comportamiento en ancho de banda de líneas de transmisión mediante la medición de pérdidas a diferentes frecuencias.</li> <li>2. Determina la impedancia de entrada de una línea de transmisión de un oscilador a una frecuencia determinada.</li> </ol> <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"> <li>1. Construye una línea de</li> </ol>	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 <sup>st</sup> ed.). USA: McGraw-Hill College. 508 páginas. [clásica]
Antenna-Theory.com. (2015). <i>Antenna Basics</i> . Recuperado el 19 de septiembre de 2018, de <a href="http://www.antenna-theory.com/basics/main.php">http://www.antenna-theory.com/basics/main.php</a>	Collin, R.E. (2001). <i>Foundations for Microwave Engineering</i> . (2 <sup>nd</sup> ed.). USA: Wiley-IEEE Press. 944 páginas. [clásica]
Balanis, C.A. (2005). <i>Antenna Theory: Analysis and Design</i> (3 <sup>th</sup> ed.). USA: John Wiley & Sons. [clásica]	Hopengarten, F. (2009). <i>Antenna Zoning: Broadcast, Cellular &amp; Mobile Radio, Wireless Internet- Laws, Permits &amp; Leases</i> , (1 <sup>st</sup> 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 <sup>rd</sup> ed.). USA: McGraw-Hill Science/Engineering/Math. [clásica]
Brandeis University. (2015). <i>Transmission Line Analysis</i> . Recuperado el 19 de septiembre de 2018, de <a href="http://alignment.hep.brandeis.edu/Lab/XLine/XLine.html">http://alignment.hep.brandeis.edu/Lab/XLine/XLine.html</a>	Kraus, J.D. & Marhefka, R.J. (2001). <i>Antennas</i> (3 <sup>rd</sup> 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 <sup>nd</sup> ed.). USA: World Scientific Publishing Company.
Georgia State University, Hyperphysics. (2017). <i>Maxwell's Equations</i> . Recuperado el 19 de septiembre de 2018, de <a href="http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/maxeq.html">http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/maxeq.html</a>	Lehpamer, H. (2010). <i>Microwave Transmission Networks</i> (2 <sup>nd</sup> ed.). USA: McGraw-Hill Education. [clásica]
González, G. (s.f.). <i>Microwave Transistor Amplifiers: Analysis and Design</i> , (2 <sup>nd</sup> ed.). USA: Prentice Hall.	Milligan, T.A. (2005). <i>Modern Antenna Design</i> (2 <sup>nd</sup> ed.). USA: Wiley-IEEE Press. [clásica]
Hippisley, G.W. & Carr, J.J. (2011). <i>Practical Antenna Handbook</i> , (5 <sup>th</sup> ed.). USA: McGraw-Hill Education TAB 5/e. [clásica]	Pozar, D.M. (2000). <i>Microwave and Rf Design of Wireless Systems</i> (1 <sup>st</sup> 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 <a href="https://www.cv.nrao.edu/course/astr534/AntennaTheory.html">https://www.cv.nrao.edu/course/astr534/AntennaTheory.html</a></p> <p>Pozar, D.M. (2013). <i>Microwave Engineering</i> (4<sup>th</sup> ed.). India: Wiley Student Edition. ISBN: 978-8-126541904.</p> <p>Rehna, V.J. (2012). <i>Fundamentals of Transmission Lines and Antennas</i>, (1<sup>st</sup> ed.). Países Bajos: Elsevier. [clásica]</p> <p>Safak, M. (2017). <i>Digital Communications</i>. USA: John Wiley &amp; Sons.</p>	<p><i>Variable Compleja</i>. (2<sup>a</sup> ed.). México: McGraw-Hill Education. 373 páginas. [clásica]</p> <p>Stutzman, W.L. &amp; Thiele, G.A. (2012). <i>Antenna Theory and Design</i>, (3<sup>rd</sup> 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.