



### DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL CURSO

<b>DEPARTAMENTO:</b>	De Electrónica
<b>ACADEMIA A LA QUE PERTENECE:</b>	Sistemas de Comunicaciones
<b>NOMBRE DE LA MATERIA:</b>	Antenas
<b>CLAVE DE LA MATERIA:</b>	ET300
<b>CARÁCTER DEL CURSO:</b>	Especializante
<b>TIPO DE CURSO:</b>	Curso-Taller
<b>No. DE CRÉDITOS:</b>	11
<b>No. DE HORAS TOTALES:</b>	100
<b>ANTECEDENTES:</b>	ET312
<b>CONSECUENTES:</b>	
<b>CARRERAS EN QUE SE IMPARTE:</b>	Ing. En Comunicaciones y Electrónica
<b>FECHA DE ULTIMA REVISIÓN:</b>	<b>25 de Julio de 2013</b>

### PROPÓSITO GENERAL

Este curso tiene como propósito general, que el alumno domine la teoría básica para la comprensión del funcionamiento de las antenas. Manejará las herramientas matemáticas y los principios electromagnéticos con la suficiente profundidad para poder realizar estudios de análisis y diseño de diversas estructuras radiantes. Entre otras: Antenas de alambre lineal, antenas cilíndricas, antenas de lazo, antenas de apertura, antenas reflectoras y arreglos de antenas tanto lineales como planares. También conocerá con cierto detalle diversas técnicas para la medición de parámetros fundamentales de las antenas.

### OBJETIVO TERMINAL

Al finalizar el curso el alumno será capaz de elegir la antena apropiada al sistema de comunicación deseado. Conocerá las características fundamentales para evaluar el desempeño de una antena, será capaz de hacer cálculos y simulación para diseñar antenas deseadas, incluyendo arreglos de antenas.

### CONOCIMIENTOS PREVIOS

Análisis vectorial, teoría electromagnética, líneas de transmisión, comunicaciones.



### HABILIDADES Y DESTREZAS A DESARROLLAR

Las principales habilidades que el alumno logrará al finalizar el curso son: Identificación de una antena según su aplicación y frecuencia de operación. Al término del curso, el alumno adquirirá la competencia de desarrollar y caracterizar diseños de antenas para ser implementados en sistemas que den soluciones a necesidades reales.

### ACTITUDES Y VALORES A FOMENTAR

Auto gestión del Conocimiento. Disposición a la investigación y su aplicación a la búsqueda de soluciones y optimizaciones. Trabajo de colaboración por equipo. Respeto y cuidado del entorno. Disposición por los procesos de mejora continua. Sentido de responsabilidad social. Compromiso con la continuidad y asistencia, puntualidad, orden y disciplina.

### METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Método	Método tradicional de exposición	Método Audiovisual	Aula Interactiva	Multimedia	Desarrollo de proyecto	Dinámicas	Estudio de casos	Otros (Especificar)
%	50	15			25		10	

### CONTENIDO TEMÁTICO

<b>MÓDULO 1. Introducción al Estudio de las Antenas</b>		<b>8 HRS</b>
<i>OBJETIVO</i> Al terminar este módulo, el alumno será capaz de describir qué es una antena, para qué sirve, cuándo se usa; conocerá diversos tipos de antenas, su ubicación en un sistema de comunicaciones y su conceptualización como impedancia en un circuito eléctrico.		
<b>1.1</b>	<b>Definiciones y Descripción de la Teoría de Circuitos</b>	<b>1 HRS</b>
<i>OBJETIVO DEL TEMA</i> Al finalizar el tema el alumno conocerá algunas definiciones de antena, su propósito principal y su representación en circuito de equivalente de Thevenin para el caso transmisor y receptor.		



<b>1.2</b>	<b>Breves Notas Históricas</b>	<b>2 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA</i> Al finalizar el tema el alumno conocerá algunos personajes y hechos históricos que propiciaron el desarrollo de la ingeniería electromagnética y las comunicaciones inalámbricas y por ende, el surgimiento de diversos tipos de antenas.	
<b>1.3</b>	<b>Repaso General de Geometrías de Antenas y Arreglos.</b>	<b>2 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA</i> Al finalizar el tema el alumno conocerá las características más relevantes y la aplicación típica de diversos grupos de antenas, tales como: radiadores de alambre, antenas de abertura, antenas impresas, antenas reflectoras, lentes, y arreglos de antenas.	
<b>1.4</b>	<b>Sistemas de Comunicación Inalámbrico vs. Cable</b>	<b>2 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA</i> Al finalizar el tema el alumno conocerá las principales ventajas y desventajas de los sistemas inalámbricos comparados con sistemas de comunicación vía cable. Conocerá asimismo algunas de las principales aplicaciones de los sistemas inalámbricos.	
<b>1.5</b>	<b>El Espectro de Radio</b>	<b>1 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA</i> Al finalizar el tema el alumno conocerá la designación de las diversas bandas de frecuencia en las que se divide el espectro de radiofrecuencia y los servicios típicos para cada banda.	
<b>MÓDULO 2. Introducción al Análisis Vectorial</b>		<b>18 HRS</b>
	<i>OBJETIVO</i> Al concluir el estudio del módulo, el alumno comprenderá algunos principios básicos del análisis vectorial: álgebra de vectores, sistemas coordenados ortogonales, cálculo vectorial; aplicados a la solución de problemas electromagnéticos. Resolverá problemas y realizará trabajos de investigación complementaria.	
<b>2.1</b>	<b>Álgebra Vectorial</b>	<b>2 HRS</b>
	<i>OBJETIVO</i> Al finalizar el tema el alumno comprenderá la importancia en ingeniería, del uso de vectores. Conocerá definiciones y representación gráfica de vectores, suma y resta de vectores, producto escalar y vectorial, y el producto de tres	



	<i>vectores. Realizará ejercicios y resolverá problemas orientados al área del electromagnetismo.</i>	
<b>2.2</b>	<b>Sistemas de Coordenadas Ortogonales</b>	<b>6 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA Al finalizar el tema, el alumno comprenderá la importancia del uso de coordenadas ortogonales en el planteamiento de problemas de ingeniería, manejará la representación vectorial para un sistema de coordenadas ortogonales general, y particularizará los principios a los sistemas coordenados ortogonales: Cartesiano, cilíndrico y esférico. Conocerá el método para realizar conversiones de un sistema coordenado a otro. Resolverá ejercicios y problemas.</i>	
<b>2.3</b>	<b>Cálculo Vectorial Integral</b>	<b>4 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA Al finalizar el tema, el alumno será capaz de resolver los cuatro tipos básicos de integrales vectoriales. Resolverá ejercicios y problemas en cualquiera de los sistemas coordenados, orientados al campo del electromagnetismo.</i>	
<b>2.4</b>	<b>Cálculo Vectorial Diferencial</b>	<b>6 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA Al finalizar el tema, el alumno comprenderá la existencia y características de cantidades que representan campos escalares y campos vectoriales, será capaz de calcular propiedades de los campos tales como: gradiente, divergencia y rotacional en las diversas coordenadas. Conocerá y aplicará los teoremas de la divergencia, de Stokes y de Helmholtz, así como algunas identidades vectoriales muy útiles en electromagnetismo.</i>	
<b>MÓDULO 3. Características Fundamentales de las Antenas</b>		<b>22 HRS</b>
	<i>OBJETIVO Al finalizar el estudio de este módulo, el alumno conocerá el significado e importancia de las características más importantes que definen el comportamiento de una antena, será capaz de calcular matemáticamente y a través del desarrollo de software simple, muchas de estos parámetros.</i>	
<b>3.1</b>	<b>Las Ecuaciones de Maxwell</b>	<b>2 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA Al finalizar el tema, el alumno conocerá las ecuaciones de Maxwell en forma diferencial. Aplicando los teoremas de la divergencia y de Stokes, obtendrá las ecuaciones de Maxwell en forma integral, comprenderá el significado de</i>	



	<i>cada parámetro en dichas ecuaciones y comprenderá el efecto de la materia debida a los campos, a través de las ecuaciones constitutivas. Conocerá y utilizará la representación de las ecuaciones de Maxwell para campos armónicos en el tiempo.</i>	
<b>3.2</b>	<b>Patrón de Radiación de una Antena</b>	<b>2 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA Al finalizar este tema, el alumno conocerá el significado, la importancia y las características básicas del patrón de radiación de una antena, los diferentes tipos de patrones de radiación y su relación con las regiones de campo.</i>	
<b>3.3</b>	<b>Densidad de potencia e Intensidad de Radiación</b>	<b>2 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA Al término de este tema, el alumno será capaz de calcular haciendo uso de los campos electromagnéticos; la densidad de potencia de radiación, la potencia radiada por una antena y la intensidad de radiación así como la relación que existe con el ancho de haz.</i>	
<b>3.4</b>	<b>Directividad de una Antena</b>	<b>3 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA Al finalizar este tema, el alumno comprenderá el significado de la directividad de una antena, conocerá y aplicará la expresión exacta para su cálculo; para patrones direccionales y para patrones omnidireccionales conocerá y empleará respectivamente, expresiones aproximadas para facilitar su cálculo. Finalmente, comprenderá el uso de técnicas numéricas para calcular la directividad. Resolverá ejercicios, problemas y desarrollará software para estos tópicos.</i>	
<b>3.5</b>	<b>Eficiencia de una Antena, Ganancia y Eficiencia de Haz</b>	<b>2 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA Con estos temas, el alumno conocerá los conceptos de eficiencia de una antena, eficiencia de haz y el significado de la ganancia y su relación con la directividad.</i>	
<b>3.6</b>	<b>Polarización de una Antena y de una Señal</b>	<b>3 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA Con estos temas, el alumno conocerá como se definen la polarización de una antena y de una onda electromagnética; en particular, conocerá como se obtienen las polarizaciones lineal, circular y elíptica.</i>	



	<i>Conocerá el significado y efecto del factor de pérdida de polarización en un enlace.</i>	
<b>3.7</b>	<b>Impedancia de Entrada y Eficiencia de Radiación de una Antena</b>	<b>2 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA Con estos temas, el alumno conocerá cómo una antena puede ser representada como una impedancia en un circuito equivalente de Thevenin y de Norton para calcular la potencia radiada y la potencia disipada tanto en modo transmisor como en modo receptor. También será capaz de calcular la eficiencia de radiación de una antena.</i>	
<b>3.8</b>	<b>Longitud Efectiva de Antena y Áreas Equivalentes; Directividad Máxima y Área Efectiva Máxima</b>	<b>2 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA Con estos temas, el alumno podrá describir las características de recepción de una antena, utilizando los conceptos de longitud efectiva vectorial y áreas equivalentes. También comprenderá la relación entre directividad máxima y área efectiva máxima de una antena.</i>	
<b>3.9</b>	<b>Ecuación de Transmisión de Friis y Ecuación de Radar</b>	<b>2 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA Con estos temas, el alumno podrá diseñar un enlace de comunicaciones o de aplicación a radar, considerando la potencia, ganancias y pérdidas en el enlace así como el concepto de sección transversal de radar.</i>	
<b>3.10</b>	<b>Temperatura de Antena</b>	<b>2 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA Con estos temas, el alumno podrá calcular la temperatura de antena efectiva y la potencia de ruido del sistema en las terminales del receptor cuando la antena receptora apunta hacia algún objeto.</i>	
<b>MÓDULO 4. Integrales de Radiación y Funciones Potenciales Auxiliares; Teoremas</b>		<b>10 HRS</b>
	<i>OBJETIVO Al concluir el estudio de este módulo, el alumno será capaz de obtener las expresiones matemáticas que permiten calcular los campos eléctricos y magnéticos en función de las fuentes radiantes, con el apoyo de las funciones potenciales auxiliares. También comprenderá cómo las funciones potenciales auxiliares son calculadas, resolviendo la</i>	



<p>ecuación vectorial de Helmholtz. Conocerá los fundamentos de algunos teoremas útiles en el área del electromagnetismo y en la teoría de antenas; las aplicará a los patrones de radiación de antenas.</p>		
<b>4.1</b>	<b>Potenciales Vectoriales <math>A</math> y <math>F_p</math> para Fuentes de Corriente Eléctrica <math>J</math> y Magnética <math>M</math></b>	<b>4 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA</i> Al finalizar estos temas, el alumno comprenderá la manera cómo son obtenidas expresiones explícitas para los campos eléctricos y magnéticos en función de las fuentes eléctricas y magnéticas y de las funciones potenciales auxiliares.	
<b>4.2</b>	<b>Solución de la Ecuación de Onda y Radiación de Campo Lejano</b>	<b>4 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA</i> Al finalizar estos temas, el alumno comprenderá cómo se obtienen expresiones explícitas para la obtención de las funciones potenciales auxiliares en términos de las fuentes, a través de la solución de la ecuación de onda vectorial no homogénea. También comprenderá cómo se obtienen expresiones simplificadas para los campos electromagnéticos, aplicables a zona lejana.	
<b>4.3</b>	<b>Teoremas: Dualidad, Reciprocidad y Reacción</b>	<b>2 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA</i> Al finalizar estos temas, el alumno conocerá la utilidad de algunos teoremas y los aplicará a la teoría de antenas.	
<b>MÓDULO 5. Antenas de Alambre Lineal</b>		<b>18 HRS</b>
<i>OBJETIVO</i> Al finalizar el presente módulo, el alumno será capaz de analizar el comportamiento de antenas de alambre lineal. Será capaz de obtener las características más relevantes del dipolo infinitesimal, del dipolo pequeño y del dipolo de longitud finita. También comprenderá el comportamiento de elementos lineales cercanos a conductores perfectos.		
<b>5.1</b>	<b>Dipolo Infinitesimal</b>	<b>4 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA</i> Al finalizar este tema, el alumno comprenderá el comportamiento del dipolo infinitesimal, será capaz de obtener sus características más relevantes como: campos radiados, densidad de potencia y resistencia de radiación, directividad, etc.	



<b>5.2</b>	<b>Dipolo Pequeño</b>	<b>2 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA</i> Al finalizar estos temas, el alumno comprenderá el comportamiento del dipolo pequeño.	
<b>5.3</b>	<b>Dipolo de Longitud Finita</b>	<b>6 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA</i> Al finalizar el tema, el alumno comprenderá el comportamiento del dipolo de longitud finita; será capaz de obtener sus características más relevantes como: campos radiados, densidad de potencia, intensidad de radiación, resistencia de radiación, directividad, resistencia de entrada, efectos del espacio de alimentación, y particularizará los resultados al caso del dipolo de media longitud de onda.	
<b>5.4</b>	<b>Elementos Lineales Cerca de Conductores Perfectos</b>	<b>6 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA</i> Al finalizar este tema, el alumno conocerá el efecto de tener elementos radiantes cerca de conductores perfectos. Comprenderá el principio de la teoría de imágenes, el comportamiento de dipolos eléctricos vertical y horizontal sobre plano de tierra y comentarios sobre las antenas para los sistemas de comunicación móvil.	
<b>MÓDULO 6. Arreglos: Lineales, Planares y Circulares</b>		<b>24 HRS</b>
	<i>OBJETIVO</i> Al finalizar el presente módulo, el alumno comprenderá la teoría involucrada en el análisis del comportamiento de arreglos de antenas: lineales, planares y circulares. Comprenderá que las características y respuestas de los arreglos dependen del tipo de elemento o antena, de la configuración geométrica, de la separación entre elementos, y de la excitación particular de cada elemento tanto en amplitud como en fase.	
<b>6.1</b>	<b>Arreglo de Dos Elementos</b>	<b>2 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA</i> Al finalizar el tema, el alumno comprenderá cuál es el campo radiado por dos elementos trabajando en conjunto, cómo su patrón de radiación es modificado al variar su separación y su fase de excitación.	
<b>6.2</b>	<b>Arreglo Lineal de N Elementos: Espaciamiento y Amplitud Uniformes</b>	<b>6 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA</i>	



	<i>Al finalizar este tema, el alumno podrá diseñar arreglos lineales con máxima radiación perpendicular al eje del arreglo, hacia el eje del arreglo o con cierta inclinación respecto al eje del arreglo. También conocerá la opción optimizada de Hansen-Woodyard. Resolverá ejercicios, problemas y desarrollará software para este tipo de diseños.</i>	
<b>6.3</b>	<b>Directividad para Arreglos Lineales de N Elementos</b>	<b>2 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA Al finalizar este tema el alumno será capaz de calcular la directividad para arreglos lineales de N elementos con radiación: perpendicular y hacia el eje del arreglo así como para arreglos mejorados.</i>	
<b>6.4</b>	<b>Características Tridimensionales y Solución Gráfica Rectangular a Polar para Arreglos Lineales de N Elementos</b>	<b>2 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA Al finalizar estos temas, el alumno comprenderá cómo se pueden obtener los patrones tridimensionales de los arreglos lineales y cómo es posible convertir patrones rectangulares a patrones polares gráficamente.</i>	
<b>6.5</b>	<b>Arreglos Lineales de N Elementos: Espaciamiento Uniforme, Amplitud No Uniforme</b>	<b>6 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA Al finalizar este tema, el alumno estará capacitado para diseñar arreglos lineales de N elementos con separación uniforme y distribución de amplitud del tipo binomial o del tipo Dolph-Tschebyscheff.</i>	
<b>6.6</b>	<b>Arreglos Planares</b>	<b>4 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA Al finalizar este tema, el alumno será capaz de diseñar arreglos planares básicos.</i>	
<b>6.7</b>	<b>Arreglos Circulares</b>	<b>2 HRS</b>
	<i>OBJETIVO DEL TEMA Al finalizar este tema, el alumno conocerá los principios de diseño de arreglos circulares.</i>	
	<b>TOTAL:</b>	<b>100 HS</b>

### CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La evaluación, tiene como finalidad verificar que el alumno haya comprendido la importancia de su formación personal, que se hayan



logrado en buena medida los objetivos establecidos para cada uno de los temas, por lo que se evalúan todas las actividades que permiten observar cómo el alumno ha asimilado el conocimiento y desarrollado habilidades acordes con los objetivos. Esta evaluación se desglosa en: Tareas, solución de problemas, elaboración de resúmenes, trabajos de investigación, desarrollo de software y exposiciones individuales.

Finalmente, en cumplimiento con la normatividad universitaria, es necesario aplicar exámenes departamentales, para esta materia se realizarán dos exámenes.

Actividades .....30%  
Software .....10%  
Exposiciones .....10%  
Exámenes (2) .....50%

### BIBLIOGRAFÍA

#### BÁSICA

TÍTULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO DE EDICIÓN	% DE COBERTURA DEL CURSO
Antenna Theory Analysis and Design	Constantine A. Balanis	John Wiley and Sons	2005	➤ 80
Antennas	John Daniel Kraus y Ronald J. Marhefka	McGraw-Hill	2001	➤ 80

#### COMPLEMENTARIA

TÍTULO	AUTOR	EDITORIAL	AÑO DE EDICIÓN	% DE COBERTURA DEL CURSO
Las antenas	R. Brault y R. Piat	Paraninfo	1993	➤ 80
<b>Antenas</b>	A. Cardama Aznar, L. Jofre Roca, J. M. Rius Casals, J. Romeu Robert, S. Blanch Boris	Alfaomega	2000	➤ 80

REVISIÓN REALIZADA POR:



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍAS  
DIVISIÓN DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN**



NOMBRE DEL PROFESOR		FIRMA
Dr. José Luis Ramos Quirarte		

**Vo.Bo. Presidente de Academia**

**Dr. José Luis Ramos Quirarte**

**Vo.Bo. Jefe del Departamento**

**Mtro. Roberto Cárdenas Rodríguez**

**lunes, 03 de noviembre de 2008**