



Grado de Ingeniería Electrónica de Comunicaciones

Curso
2025-2026

Ficha de la asignatura:	Comunicaciones Inalámbricas				Código	805985	
Materia:	Sistemas de Comunicación			Módulo:	Comunicaciones		
Carácter:	Obligatorio			Curso:	3º	Semestre:	2º
Créditos (ECTS)	7.5	Teóricos	4	Problemas	2	Laboratorio	1.5
Presencial	-		32 %		32 %		70 %
Horas Totales			32		16		26

Profesor/a Coordinador/a:	Luis Ángel Tejedor Álvarez			Dpto:	EMFTEL
	Despacho:	03.219.0	e-mail	luistejedor@fis.ucm.es	

Grupo	Profesores	T/P*	Dpto.	e-mail
único	Luis A. Tejedor Álvarez	T/P	EMFTEL	luistejedor@fis.ucm.es

*: T:teoría, P:prácticas

Grupo	Horarios de clases			Tutorías (lugar y horarios)
	Día	Horas	Aula	
único	M	9:00 – 11:00	14	Luis A. Tejedor:, Lab. 03.219.0 Semestres 1 y 2: L, 9:30 - 11:00; V: 11:00 - 12:30
	J	9:00 – 10:30		

(3h no pres.): Horas de tutoría no presenciales a través de correo, campus virtual, ...

Grupo	Laboratorio			Profesores
	Días	Horas	Lugar	
L1	L	17:30-20:00	Laboratorio de Electrónica (S1.109.0)	Luis Ángel Tejedor Álvarez Por determinar
L2	X	15:00-17:30		Luis Ángel Tejedor Álvarez Por determinar

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
<ul style="list-style-type: none"> Analizar la estructura, funcionamiento y aplicaciones de los Sistemas de Telecomunicación. Interpretar y caracterizar la calidad de los Sistemas de Telecomunicación (relaciones señal a ruido y/o interferencia, distorsión y probabilidades de error). Conocer y comprender los módulos básicos integrantes del proceso de modulación, transmisión, recepción y demodulación de la señal. Conocer los organismos internacionales de estandarización en comunicaciones inalámbricas y sus medidas.

- Aplicar los procedimientos de medida de un laboratorio básico de Sistemas de Comunicaciones.
- Comprender y manejar las señales en banda base.
- Manejo de la instrumentación de un laboratorio básico de Sistemas de Comunicaciones: generador/modulador de RF, osciloscopio, analizador de espectros y software de simulación.

Breve descripción de contenidos

Osciladores. Lazos enganchados en fase (PLL). Sintetizadores de frecuencia. Mezcladores. Moduladores y demoduladores lineales (AM, DBL, BLU, QAM y ASK). Moduladores y demoduladores angulares (PM, FM y PSK). Recuperadores de portadora. Estandarización en comunicaciones inalámbricas. WLAN, WMAN y WPAN.

Conocimientos previos necesarios

- Electrónica analógica y digital básica: Dispositivos electrónicos. Circuitos amplificadores. Osciladores. Conmutadores. Puertas lógicas. Biestables.
- Sistemas Lineales: Análisis de circuitos lineales. Respuesta en el tiempo y en la frecuencia. Transformadas de Laplace y de Fourier. Función de transferencia de un sistema.
- Procesamiento de Señales: Teoría de filtros. Muestreo y reconstrucción de señales.
- Electromagnetismo II: Ondas electromagnéticas y radiación.
- Teoría de la Comunicación: Modulación y demodulación. Modulaciones lineales y angulares. Modulación con señales digitales. Ruido y distorsión en sistemas de comunicaciones.

Programa de la asignatura

Tema 1. Introducción

Tipos de sistemas de comunicaciones. Necesidad de utilizar altas frecuencias. Técnicas para explotar eficientemente el espectro: FDMA, TDMA, CDMA SDMA. Regulación del espectro radioeléctrico y estandarización en comunicaciones inalámbricas. WLAN, WMAN y WPAN. Esquemas generales de emisores y receptores.

Tema 2. Modulaciones

Modulación en doble banda lateral (DBL). Necesidad de recuperar la portadora. Modulación AM. Modulación BLU. Modulación QAM. Modulaciones angulares: PM y FM. Comunicaciones digitales. Modulación y codificación de línea. Modulaciones digitales en banda base. Transmisión digital modulada. Espacio de señal. Ruido. Propiedades de las modulaciones digitales. Modulaciones ASK, FSK, QAM y PSK.

Tema 3. Ruido y distorsión

Canal ideal y distorsión. Distorsiones lineales: de amplitud, de fase y por reflexiones múltiples. Distorsión no lineal. Saturación y armónicos. Punto de compresión de 1 dB. Intermodulación de tercer orden con 2 tonos y con N tonos. Procesos no lineales en cascada. Distorsión no lineal en señales moduladas. Transmodulación. Conversión AM-PM. Ruido. Ruido térmico. Temperatura de antena. Factor de ruido. Temperatura equivalente de ruido. Degradación de la SNR en un cuadripolo. Ruido en una cadena de

cuadripolos. Fórmula de Friis para el ruido. Medida de la figura de ruido mediante el método Y.

Tema 4. Osciladores

Principio de funcionamiento de un oscilador. Criterio de Barkhausen. Parámetros de osciladores. Ruido de fase. Modelo de Leeson. Osciladores con circuitos LC. Osciladores de cristal. Osciladores de onda cuadrada. Osciladores de frecuencia controlable.

Tema 5. Lazos Enganchados en fase (PLLs)

Esquema de un PLL ideal. Función de transferencia. Procesos de enganche. Respuesta en régimen permanente. Respuesta transitoria. PLL de orden 1. PLL de orden 2 tipo 1. PLL de orden 2 tipo 2. Filtrado de ruido de fase. Tipos de detectores de fase.

Tema 6. Sintetizadores de frecuencia

Sintetizador básico. Sintetizador con divisor programable. Sintetizador con divisor fijo y programable. Sintetizador con divisor de doble módulo. Sintetizador con mezclador. Ruido de fase en sintetizadores. Filtrado de la frecuencia de referencia. Sintetizadores no basados en PLL.

Tema 7. Mezcladores

Mezcladores y conversores de frecuencia. Conversor mediante elemento no lineal. La banda imagen. Especificaciones de un mezclador. Ruido en un mezclador. Temperatura de ruido en simple banda y en doble banda. Dispositivos utilizados como mezcladores. Mezclador simple. Mezclador equilibrado. Mezclador doblemente equilibrado. Mezclador con rechazo de banda imagen.

Tema 8. Transmisores

Transmisor genérico. Transmisores homodinos. Transmisores heterodinos. Parámetros característicos de emisores: frecuencia, tipo de modulación, emisiones no deseadas, potencia, rendimiento, fidelidad. Control automático de ganancia.

Tema 9. Receptores

Receptor genérico. Especificaciones: sensibilidad, selectividad y fidelidad. Tipos de receptores. Receptor homodino. Receptor superheterodino. Receptor de doble conversión de frecuencia. Frecuencias interferentes. Carta de mezclas espurias. La banda imagen. Elección de la frecuencia intermedia. Ruido en un receptor. Cálculos de sensibilidad. Margen dinámico. Control automático de ganancia.

Tema 10. Propagación

Ecuación de Friis de balance de potencias en radioenlaces. Correcciones a la ecuación de Friis. Propagación por guía de onda esférica. Propagación por onda de superficie: modelos de tierra plana y tierra esférica. Propagación por reflexión ionosférica. Propagación por onda de espacio. Reflexión en la superficie. Difracción. Atenuación troposférica por gases y lluvia. Refracción troposférica. Comunicaciones móviles. Métodos empíricos de predicción de propagación. Desvanecimientos. Propagación multitrayecto.

PRÁCTICAS

Se realizarán 7 sesiones prácticas en las que se caracterizarán subsistemas típicos de cadenas emisoras y receptoras mediante generadores de RF y analizadores de espectros. También se implementarán enlaces radio completos con diferentes

modulaciones analógicas y digitales, mediante el software GNU Radio, placas HackRF y módulos analógicos. Por último, se realizarán también simulaciones de planificación radioeléctrica mediante software.

Bibliografía

Básica

- M. Sierra Pérez, *et al*, "*Electrónica de Comunicaciones*", Pearson Educación, Prentice Hall, 1ª edición, España, 2003. ISBN: 8420536741, 9788420536743.
- Louis E. Frenzel Jr., "*Principles of Electronic Communication Systems*", McGraw Hill Education, 4ª edición, New York, 2016. ISBN: 978-1-259-25502-1.
- H.L. Krauss, *et al*, "*Estado sólido en ingeniería de radiocomunicación*", Editorial Limusa, 1ª edición, México, 1993. ISBN: 968181729X, 9789681817299.
- J.R. Smith, "*Modern Communication Circuits*", McGraw-Hill, 2ª edición, 1997. ISBN:0070592837, 9780070592834.

Complementaria

- L.W. Couch, "*Digital and analog communication systems*", Prentice Hall, 5ª edición, USA, 1997. Bib. Físicas UCM: 621.391 COU.
- H. Taub, D.L. Schilling, "*Principles of communication systems*", McGraw-Hill, 2ª edición, 1986. Bib. Físicas UCM: 621.391 TAU.
- A.B. Carlson, "*Communication systems*", Prentice Hall, 3ª edición, NY, USA, 1986. Bib. Físicas UCM: F621.391 CAR.
- G.M. Miller, J.S. Beasley, "*Modern Electronic Communication*", Prentice Hall, 7ª edición, 2002.
- F.M. Gardner, "*Phaselock Techniques*", Wiley-Interscience, 3ª edición, 2005.
- J.G. Proakis, M. Salehi, "*Communication Systems Engineering*", Prentice Hall, 2002. Bib. Físicas UCM: F621.39 PRO.
- J.M. Hernando, *et al*, "*Transmisión por radio*", Editorial Universitaria Ramón Areces, 7ª edición, 2013.
- S. C. Cripps, "*RF Power Amplifiers for Wireless Communications*", Artech house, 2ª edición, 2006.
- A. Cardama, *et al*, "*Antenas*", Ediciones Universidad Politécnica de Cataluña, colección Politecnos, 2ª edición, 2002. Bib. Físicas UCM: 621.396.67 ANT.
- Richard Poisel, "*RF electronics for electronic warfare*", Artech House, Boston (MA), 2019. ISBN: 9781630817060.

Recursos en internet

Asignatura en el Campus Virtual de la UCM.

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones teóricas donde se explicarán los principales conceptos de la asignatura, incluyendo ejemplos, aplicaciones y resolución de dudas y errores frecuentes.
- Clases prácticas de análisis, diseño y problemas.
- Sesiones prácticas de laboratorio.

Todo el material docente necesario para el desarrollo del curso será puesto a disposición de los alumnos a través del Campus Virtual y con antelación suficiente a su tratamiento en clase.

Las lecciones teóricas estarán soportadas con apuntes y/o diapositivas. Para las clases prácticas de problemas se contará con colecciones de problemas propuestos y, con sus soluciones detalladas. Los alumnos dispondrán de guiones de prácticas en los que se describirán los instrumentos generales y específicos a utilizar en las prácticas y los procedimientos recomendados para su ejecución.

Las prácticas de laboratorio se centrarán en el diseño, implementación, verificación de funcionamiento y caracterización de circuitos de comunicaciones. Se propondrá la realización de medidas que permitan evaluar el funcionamiento del sistema y llevar a cabo un análisis crítico de los resultados obtenidos en comparación con las previsiones teóricas.

Se podría realizar una visita a alguna empresa o institución de interés en el campo de la comunicación por radio, si hay disponibilidad.

Evaluación		
Realización de exámenes (N_{examen})	Peso:	55 %
Se realizará un único examen final que dará cabida a toda la materia vista en la asignatura, ya sea en las clases teóricas, las clases de problemas o las sesiones de laboratorio. El examen podrá incluir una parte teórica, que deberá resolverse sin libros, apuntes, ni formulario y un parte de problemas prácticos que se resuelvan con la ayuda de un formulario oficial de la asignatura. Para poder aprobar la asignatura será necesario obtener un mínimo de 4 sobre 10 en la calificación del examen final. Si se obtiene menos de un 4, la nota final de la asignatura será la del examen final.		
Actividades de evaluación continua ($N_{\text{actividades}}$)	Peso:	10 %
A lo largo del curso los alumnos realizarán varias actividades de evaluación continua, que podrán consistir en la realización de tests a través del Campus Virtual o la resolución de ejercicios personalizados.		
Prácticas de laboratorio ($N_{\text{laboratorio}}$)	Peso:	30 %
Los estudiantes realizarán varias sesiones de laboratorio individuales o por parejas, y tendrán que presentar informes o responder a cuestionarios sobre cada una de ellas en el plazo de una semana. La calificación tendrá en cuenta el grado de consecución de los objetivos de cada práctica y la calidad de los informes presentados. La nota de laboratorio, $N_{\text{laboratorio}}$, se calculará como la nota media de las prácticas realizadas. Como norma general, no se conservará la calificación del laboratorio de un curso para otro.		
Participación ($N_{\text{participación}}$)	Peso:	5 %
Se valorará la participación de los estudiantes con hasta 0,5 puntos en la nota global de la asignatura. Para obtenerlos, los estudiantes podrán demostrar su implicación asistiendo a clase, saliendo a la pizarra a resolver problemas, realizando aportaciones al foro del Campus Virtual, o de cualquier otra forma que contribuya al correcto desarrollo de la asignatura.		

Calificación final

La calificación final de la asignatura en convocatoria ordinaria responderá a la siguiente fórmula:

$$C_{Final} = 0,55 \cdot N_{Examen} + 0,1 \cdot N_{Actividades} + 0,3 \cdot N_{Laboratorio} + 0,05 \cdot N_{Participación}$$

donde N_{Examen} corresponde a la calificación obtenida en el examen final (convocatoria ordinaria), $N_{Actividades}$ corresponde a la calificación de las actividades de evaluación continua, $N_{Participación}$ corresponde a la valoración de la participación en clase, y $N_{Laboratorio}$ corresponde a la notal media correspondiente las prácticas de laboratorio. Si se obtiene una nota a inferior a 4 sobre 10 en la calificación del examen final (N_{Examen}), la calificación de la asignatura será la nota del examen, N_{Examen} , dando lugar a un suspenso.

En la convocatoria extraordinaria la calificación final se calculará con idéntico criterio.

$$C_{Final} = 0,55 \cdot N_{ExExtr} + 0,1 \cdot N_{Actividades} + 0,3 \cdot N_{Laboratorio} + 0,05 \cdot N_{Participación}$$

Donde N_{ExExtr} es la nota del examen extraordinario. Si esta fuese menor de 4, la calificación final sería:

$$C_{Final} = N_{ExExtr}$$

Las notas correspondientes a las actividades de evaluación continua y a la participación se conservarán de la convocatoria ordinaria a la extraordinaria. Se abrirá un plazo extraordinario de entrega de informes de prácticas en la convocatoria extraordinaria que permitirá incrementar $N_{Laboratorio}$, pero cualquier nuevo informe deberá entregarse antes del examen extraordinario.