

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

Asignatura	FUNDAMENTOS DE TRANSMISIÓN POR RADIO		
Materia	COMUNICACIONES POR RADIO		
Módulo	MATERIAS ESPECÍFICAS DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN		
Titulación	GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN		
Plan	460	Código	45021
Periodo de impartición	1 ^{er} CUATRIMESTRE	Tipo/Carácter	OBLIGATORIA
Nivel/Ciclo	GRADO	Curso	3 ^o
Créditos ECTS	6 ECTS		
Lengua en que se imparte	CASTELLANO		
Profesor/es responsable/s	Juan Blas Prieto		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	TELÉFONO: 983 423000 ext. 5568 E-MAIL: juabla@tel.uva.es		
Departamento	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		
Fecha de revisión por el Comité de Título	26 de junio de 2023		



1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

En asignaturas previas se ha estudiado la posibilidad de transmitir energía electromagnética a través de ondas guiadas. Las antenas son dispositivos que se emplean para transmitir y recibir energía electromagnética en forma de ondas de radio cuando no es viable el uso de ondas guiadas. Algunos ejemplos de aplicaciones que requieren el uso de antenas son: comunicaciones móviles, aéreas, satelitales, navales y radiodifusión. Además de las aplicaciones en el campo de las comunicaciones, las antenas también se usan en otras aplicaciones de carácter industrial y médico, como la monitorización geofísica o la detección precoz de tumores. En todas las aplicaciones, las antenas son diseñadas para transmitir y recibir ondas de radio de forma eficiente. Un buen diseño tiene dos objetivos fundamentales: en primer lugar, hay que conseguir una buena adaptación de impedancias entre la antena y la guía de ondas de modo que se maximice la potencia radiada y en segundo lugar debemos buscar la mejor solución de compromiso que satisfaga las restricciones impuestas al reparto direccional de la energía. Optimizar este reparto puede significar maximizar la energía radiada en una dirección y suprimirla en otras, por ejemplo. Conseguir todos los objetivos con una única antena puede ser imposible, por lo que a menudo es necesario el empleo de agrupaciones de antenas. El alumno deberá adquirir unos conocimientos básicos sobre antenas y propagación de señales radioeléctricas que le permitan analizar y diseñar enlaces radioeléctricos.

1.2 Relación con otras materias

Esta asignatura se relaciona con las asignaturas “Campos Electromagnéticos”, que proporciona la base de los sistemas radioeléctricos, así como con “Teoría de la Comunicación” y “Sistemas de Comunicación”, donde se estudian los conceptos básicos de un sistema de telecomunicaciones. La asignatura proporciona los conocimientos básicos para abordar posteriormente “Sistemas de Telecomunicación por Radio” y “Radiodeterminación”, donde se estudian de forma más específica sistemas concretos de radiocomunicaciones.

1.3 Prerrequisitos

No existen condiciones previas excluyentes para cursar esta asignatura, aunque sí recomendaciones lógicas que el alumno debería tener en cuenta. Es recomendable haber cursado la materia “Fundamentos de Comunicaciones” del “Bloque de Materias Básicas”. Además, es muy recomendable haber cursado las asignaturas de primer y segundo curso pertenecientes a los bloques “Fundamentos de Ingeniería Electromagnética” y “Fundamentos de Señales y Sistemas”.

2. Competencias

2.1 Generales

- GBE1 Capacidad para manejar especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.



- GBE2 Capacidad para aplicar métodos analíticos y numéricos para el análisis de problemas en el ámbito de la ingeniería técnica de Telecomunicación.
- GBE3 Capacidad para resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- GBE4 Capacidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar datos.
- GBE5 Capacidad para elaborar informes basados en el análisis crítico de la bibliografía técnica y de la realidad en el campo de su especialidad.
- GE1 Capacidad para trabajar en diversos entornos como laboratorios y empresas, supervisados por profesionales especializados.
- GE4 Capacidad para desarrollar proyectos en el ámbito de su especialidad que satisfagan las exigencias técnicas, estéticas y de seguridad, aplicando elementos básicos de gestión económica-financiera, de recursos humanos, organización y planificación de proyectos.
- GE5 Capacidad para analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas, así como el desarrollo sostenible del ámbito correspondiente.
- GC1 Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo.
- GC2 Capacidad para comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.
- GC3 Capacidad para trabajar en cualquier contexto, individual o en grupo, de aprendizaje o profesional, local o internacional, desde el respeto a los derechos fundamentales, de igualdad de sexo, raza o religión y los principios de accesibilidad universal, así como la cultura de paz.

2.2 Específicas

- ST1 Capacidad para construir, explotar y gestionar las redes, servicios, procesos y aplicaciones de telecomunicaciones, entendidas éstas como sistemas de captación, transporte, representación, procesado, almacenamiento, gestión y presentación de información multimedia, desde el punto de vista de los sistemas de transmisión.
- ST3 Capacidad de análisis de componentes y sus especificaciones para sistemas de comunicaciones guiadas y no guiadas.
- ST4 Capacidad para la selección de circuitos, subsistemas y sistemas de radiofrecuencia, microondas, radiodifusión, radioenlaces y radiodeterminación.
- ST5 Capacidad para la selección de antenas, equipos y sistemas de transmisión, propagación de ondas guiadas y no guiadas, por medios electromagnéticos, de radiofrecuencia u ópticos y la correspondiente gestión del espacio radioeléctrico y asignación de frecuencias.

3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Relacionar los parámetros básicos que caracterizan a una antena.
- Analizar y sintetizar sistemas radiantes.
- Describir los mecanismos de propagación radioeléctrica.
- Operar con los parámetros técnicos requeridos para caracterizar un sistema de comunicaciones.



- Calcular y diseñar enlaces radioeléctricos teniendo en cuenta la definición, normativa técnica y planificación de sistemas radioeléctricos
- Analizar las contribuciones de ruido de los elementos de un receptor y del canal, así como de la intermodulación y de las interferencias en el sistema
- Valorar la influencia de las tecnologías y las emisiones radioeléctricas asociadas a las comunicaciones sobre el desarrollo, la sociedad y la salud

4. Contenidos y/o bloques temáticos

Bloque 1: Fundamentos de transmisión por radio

Carga de trabajo en créditos ECTS: 6

a. Contextualización y justificación

La asignatura consta de un único bloque dado que la parte de antenas y la de propagación, aunque independientes en su contenido, sirven de manera conjunta de base para comprender en profundidad y valorar en detalle, el empleo de los diferentes tipos de antenas en los distintos sistemas de radiocomunicaciones, que a su vez, están sometidos a una normativa legal sobre emisiones.

b. Objetivos de aprendizaje

Véanse los objetivos de la asignatura.

c. Contenidos

TEMA 1: Fundamentos de radiación

- 1.1 Objetivos
- 1.2 Repaso de conceptos básicos
- 1.3 Ecuaciones de Maxwell
- 1.4 Ecuaciones de onda
- 1.5 Función de Green en espacio libre
- 1.6 Radiación de campo próximo y lejano
- 1.7 Vectores de radiación
- 1.8 Dualidad
- 1.9 Caracterización técnica de antenas
- 1.10 Cálculo de enlaces en espacio libre

TEMA 2: Agrupaciones

- 2.1 Objetivos
- 2.2 Relación con el muestreo de distribuciones
- 2.3 Principio de multiplicación de diagramas
- 2.4 Agrupaciones lineales
- 2.5 Directividad de agrupaciones lineales
- 2.6 Agrupaciones bidimensionales planas



2.7 Síntesis de agrupaciones

TEMA 3: Antenas lineales

- 3.1 Objetivos
- 3.2 Antenas elementales
- 3.3 Dipolos de longitud comparable a la longitud de onda
- 3.4 Teoría de imágenes y monopolos
- 3.5 Impedancias de entrada
- 3.6 Impedancias mutuas
- 3.7 Sistemas de alimentación

TEMA 4: Antenas de apertura

- 4.1 Objetivos
- 4.2 Teorema de equivalencia
- 4.3 Expresiones generales de los campos radiados
- 4.4 Bocinas
- 4.5 Ranuras
- 4.6 Antenas impresas
- 4.7 Antenas reflectoras

TEMA 5: Propagación radioeléctrica, cálculo de enlace y coberturas

- 5.1 Objetivos
- 5.2 Ruido
- 5.3 Efecto del suelo
- 5.4 Efecto de la troposfera
- 5.5 Efecto de la ionosfera
- 5.6 Diseño y cálculo de radioenlaces
- 5.7 Cálculo de coberturas
- 5.8 Introducción al canal móvil
- 5.9 Emisiones radioeléctricas

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa.
- Estudio de casos en aula y en laboratorio.
- Aprendizaje colaborativo

e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I.

f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas.



- Resolución de problemas por parte del alumno
- Informes de laboratorio realizados individualmente o en grupos reducidos de alumnos dependiendo de las circunstancias.
- Prueba escrita al final del cuatrimestre

g Material docente

[Ir a la lista en Leganto](#)

g.1 Bibliografía básica

[Ir a la sección](#)

[1] A. Cardama Aznar, Ed., *Antenas*, 2ª ed. Barcelona :: Universidad Politécnica de Cataluña, 2002.

[Ir al ejemplar](#)

[2] J. M. Hernando Rábanos, *Transmisión por radio*, 7ª ed. Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces, 2013.

[Ir al ejemplar](#)

[3] *Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.* [En línea]. Disponible en:

<https://www.boe.es/buscar/pdf/2001/BOE-A-2001-18256-consolidado.pdf>

[Ir al ejemplar](#)

[4] *Orden CTE/23/2002, de 11 de enero, por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones.* [En línea].

Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2002/BOE-A-2002-694-consolidado.pdf>

[Ir al ejemplar](#)

g.2 Bibliografía complementaria

[Ir a la sección](#)

[5] J. A. Kong, *Electromagnetic wave theory*, 2nd ed. New York [etc.] :: John Wiley & Sons, 1990.

[Ir al ejemplar](#)

[6] M. F. Iskander, *Electromagnetic Fields and Waves*, 2ª ed., Waveland Press, 2013.

[Ir al ejemplar](#)

[7] T. S. Rappaport, *Wireless communications : principles and practice*, 2nd ed. Upper Saddle River, N.J. :: Prentice Hall PTR, 2002.

[Ir al ejemplar](#)

[8] J. D. Kraus, *Antennas for all applications*, 3rd ed. Boston [etc.] :: MacGraw-Hill, 2002.

[Ir al ejemplar](#)

[9] C. A. Balanis, *Antenna theory : analysis and design*, 3rd ed. New York [etc.] :: John Wiley & Sons, 2005.

[Ir al ejemplar](#)

[10] S. R. Saunders, *Antennas and propagation for wireless communication systems*. Chichester [etc.] :: John Wiley & Sons, 2007.

[Ir al ejemplar](#)



[11] R. E. Collin, *Antennas and radiowave propagation* . New York [etc.]:: MacGraw-Hill, 1985.

[Ir al ejemplar](#)

[12] W. L. Stutzman, *Antenna theory and design / Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele*, 3rd. ed. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2013.

[Ir al ejemplar](#)

[13] A. García Domínguez, *Cálculo de antenas : antenas de última generación para tecnología digital y métodos de medición* , 4ª ed. Barcelona [etc.]:: Marcombo, 2010.

[Ir al ejemplar](#)

[14] T. Needham, *Visual Complex Analysis* , 1ª ed., repr. Oxford: Clarendon Press, 2012.

[Ir al ejemplar](#)

[15] V. V. Nikolski, *Electrodinámica y propagación de ondas de radio* . [s.l.]:: Instituto del Libro, 1976.

[Ir al ejemplar](#)

[16] M. Dolukhanov, *Propagation of Radio Waves, URSS-Moscú, 1995.*

[Ir al ejemplar](#)

[17] G. T. Márkov, D.M. Sazónov, *Antenas, URSS-Moscú, 1994.*

[Ir al ejemplar](#)

[18] I. I. Fernández Tobías, N. Miranda Santos, M. Molina García, P. Almorox González, J. I. Alonso Montes. *Emisiones Radioeléctricas: Normativa, Técnicas de Medida y Protocolos de Certificación. Cuaderno Cátedra OIT, Vol. 1-2008. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, 2008.*

[Ir al ejemplar](#)

g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

- Guía de telecomunicación y electrónica (biblioteca UVA): <https://biblioguias.uva.es/c.php?g=654105>
- Normas UNE de AENOR ofrecidas por la biblioteca de la UVA.
- Recursos electrónicos de la biblioteca de la UVA.

h. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVA o el profesor:

- Entorno de trabajo en la web ETSIT-UVA o en la plataforma Moodle ubicada en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.
- Laboratorio de ordenadores equipados con Python y acceso a internet
- Analizadores de espectro, antenas, transceptores radio.
- Servidor con repositorio para control de versiones.
- Documentación de apoyo.

i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
6 ECTS	Semanas 1 a 15

5. Métodos docentes y principios metodológicos

Se emplearán los siguientes métodos docentes durante el desarrollo de la asignatura:

- Actividades presenciales:
 - Clases de teoría: clase magistral participativa apoyada en el Campus Virtual UVa
 - Seminarios: estudio de casos prácticos dirigido por el profesor.
 - Laboratorio: desarrollo de prácticas de fundamentos de radiación y radiocomunicaciones. El trabajo será individual o en grupos reducidos dependiendo de las circunstancias.
- Actividades no presenciales:
 - Trabajo individual. Estudio/trabajo personal. Resolución de ejercicios. Desarrollo de las actividades no presenciales propuestas. Preparación del contenido de las prácticas antes de asistir a las sesiones de laboratorio.

6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA ⁽¹⁾	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	30	Estudio y trabajo autónomo individual	70
Clases prácticas de aula (A)	0	Estudio y trabajo autónomo grupal	20
Laboratorios (L)	20		
Prácticas externas, clínicas o de campo	0		
Seminarios (S)	10		
Tutorías grupales (TG)	0		
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)	0		
Total presencial	60	Total no presencial	90
TOTAL presencial + no presencial			150

(1) Actividad presencial a distancia es cuando un grupo sigue una videoconferencia de forma síncrona a la clase impartida por el profesor.



7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas en aula	5%	
Resolución de dos series de problemas a lo largo de la asignatura	20%	
Informes de prácticas de laboratorio	30%	Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 4.5 sobre 10.
Examen final escrito	45%	Es condición necesaria (pero no suficiente) para superar la asignatura alcanzar una calificación igual o superior a 4.5 sobre 10.

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
 - Si un alumno no alcanza los requisitos mínimos descritos en la tabla anterior, su calificación en la asignatura será el mínimo entre el valor calculado según la ponderación descrita y 4,5
- **Convocatoria extraordinaria^(*):**
 - Se mantiene la calificación obtenida en los tres primeros instrumentos de la tabla en ese mismo curso académico siempre que se cumplan los requisitos mencionados y su calificación total sea de al menos 27 puntos sobre 55. El 45% restante de la calificación se obtendrá mediante la realización de un nuevo examen escrito.
 - Si no alcanza 27 puntos sobre 55 o no se ha alcanzado la nota mínima necesaria en los informes de prácticas, entonces el examen escrito de la convocatoria extraordinaria supondrá el 80% y un 20% se obtendrá mediante un examen práctico extraordinario de laboratorio. En ambos exámenes se exigirá una nota mínima de 4,5 sobre 10 para superar la asignatura.

(*) Se entiende por convocatoria extraordinaria la segunda convocatoria.

Art 35.4 del ROA 35.4. La participación en la convocatoria extraordinaria no quedará sujeta a la asistencia a clase ni a la presencia en pruebas anteriores, salvo en los casos de prácticas externas, laboratorios u otras actividades cuya evaluación no fuera posible sin la previa realización de las mencionadas pruebas.

<https://secretariageneral.uva.es/wp-content/uploads/VII.2.-Reglamento-de-Ordenacion-Academica.pdf>

8. Consideraciones finales

El Anexo I mencionado en la guía, con la planificación detallada, se entregará al empezar la asignatura