



## Proyecto/Guía docente de la asignatura

<b>Asignatura</b>	DISEÑO Y APLICACIONES DE SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES Y RADIODETERMINACIÓN		
<b>Materia</b>	SISTEMAS DE COMUNICACIONES		
<b>Módulo</b>			
<b>Titulación</b>	MÁSTER EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Plan</b>	544	<b>Código</b>	53813
<b>Periodo de impartición</b>	2º CUATRIMESTRE	<b>Tipo/Carácter</b>	OBLIGATORIA
<b>Nivel/Ciclo</b>	MÁSTER	<b>Curso</b>	1º
<b>Créditos ECTS</b>	6 ECTS		
<b>Lengua en que se imparte</b>	CASTELLANO		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	RAMÓN DE LA ROSA STEINZ MARÍA GARCÍA GADAÑÓN		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	TELÉFONO: 983 423000 ext. 5593 / ext. 3983 E-MAIL: <a href="mailto:ramros@tel.uva.es">ramros@tel.uva.es</a> , <a href="mailto:maria.garcia@tel.uva.es">maria.garcia@tel.uva.es</a>		
<b>Departamento</b>	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		



---

## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

---

### 1.1 Contextualización

---

Las aplicaciones de los sistemas de radiocomunicaciones representan un vasto campo dada la necesidad cada vez más imperante de los sistemas inalámbricos. La aplicación de las ondas electromagnéticas de radio a las diferentes necesidades que se plantean, así como los requisitos demandados, motivan la aparición de multitud de tecnologías orientadas a satisfacer cada necesidad. Además de los sistemas de comunicaciones de uso cotidiano, como los sistemas celulares o de radiodifusión, se encuentran los sistemas de radionavegación y posicionamiento que tienen su aplicación en la aeronáutica, la automoción o las herramientas personales de ubicación.

Para desarrollar de forma efectiva los sistemas de radiocomunicaciones, es necesario comprender los sistemas radiantes implicados. La tecnología de antenas ha evolucionado acompañando a la tecnología electrónica de radiofrecuencia y procesado. Desde los inicios de la radio, a finales del siglo XIX hasta la actualidad, se han estudiado, desarrollado y publicado un número destacable de sistemas de antena adaptados a cada demanda tecnológica. Partiendo de que el alumno ya conoce los sistemas de antena básicos y sus fundamentos, en esta asignatura se avanzará en el conocimiento y diseño de los sistemas de antena con requisitos adaptados a las necesidades tecnológicas que se plantean.

Una vez abordadas las tecnologías de los sistemas radiantes implicados, se procederá a estudiar las aplicaciones de los sistemas de radio en la radionavegación y la radiodeterminación. La navegación marítima, terrestre y aérea se apoya generalmente en estos sistemas, cuya evolución ha sido muy rápida en las últimas décadas, tratando de cubrir necesidades de precisión cada vez más exigentes y adecuándose a la demanda de nuevos servicios de comunicación y posicionamiento. Por lo tanto, es necesario formar profesionales en este área que conozcan los sistemas de radiodeterminación empleados en el pasado, los que se emplean en el presente y los que están en periodo de desarrollo y que, probablemente, jugarán un papel muy importante en los sistemas de navegación del futuro.

Finalmente, en la asignatura se explican algunos conceptos básicos relacionados con los sistemas de radar. Así, se explicará el principio de funcionamiento de los dos tipos principales de radares primarios y se examinará la ecuación de alcance o ecuación radar, imprescindible para entender los efectos que influyen sobre el funcionamiento del radar y la máxima distancia a la que puede detectar blancos.

---

### 1.2 Relación con otras materias

---

Esta asignatura está especialmente relacionada con "Diseño y Simulación de Sistemas de Comunicaciones", pues dicha asignatura proporciona los conocimientos básicos para comprender los elementos y los principios de diseño de sistemas de comunicaciones, y con "Procesado de Señales en Comunicaciones", la cual profundiza en diversas herramientas y técnicas avanzadas de procesado de señal aplicadas a los sistemas de comunicaciones.

---

### 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 asignatura "Diseño y Simulación de Sistemas de Comunicaciones" de la materia "Sistemas de Comunicaciones", así como la asignatura "Procesado



de Señales en Comunicaciones” de la materia “Procesado de Señales en Comunicaciones”. Asimismo, para los Graduados en Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Sistemas Electrónicos, haber cursado las asignaturas “Estimación, Detección y Métodos Numéricos” y “Complementos de Sistemas de Comunicaciones” de la materia “Complementos de Teoría de la Señal y Comunicaciones” del “Bloque de Materias de Complementos de Formación”. En el caso de los Graduados en Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Telemática, es recomendable haber cursado las asignaturas “Estimación, Detección y Métodos Numéricos” y “Complementos de Transmisores y Receptores” del “Bloque de Materias de Complementos de Formación”. Finalmente, es recomendable para los Graduados en Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Sistemas de Telecomunicación, haber cursado la asignatura “Estimación, Detección y Métodos Numéricos” del “Bloque de Materias de Complementos de Formación”.





## 2. Competencias

### 2.1 Generales

- G1. Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería de telecomunicación.
- G4. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y simulación en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Ingeniería de Telecomunicación y campos multidisciplinares afines.
- G8. Capacidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares, siendo capaces de integrar conocimientos.
- G11. Capacidad para saber comunicar (de forma oral y escrita) las conclusiones - y los conocimientos y razones últimas que las sustentan - a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- G12. Poseer habilidades para el aprendizaje continuado, autodirigido y autónomo.

### 2.2 Específicas

- S2. Capacidad para desarrollar sistemas de radiocomunicaciones: diseño de antenas, equipos y subsistemas, modelado de canales, cálculo de enlaces y planificación.
- S5. Capacidad para diseñar sistemas de radionavegación y de posicionamiento, así como los sistemas radar.



### 3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Manejar los elementos software y hardware empleados en la simulación de sistemas de comunicaciones.
- Analizar y especificar los parámetros de diferentes sistemas de comunicaciones.
- Diseñar, mantener y gestionar diversos sistemas de comunicación.
- Describir diversas arquitecturas de transmisores y receptores y valorar sus ventajas e inconvenientes.
- Ser capaz de exponer y defender en público de forma adecuada un desarrollo técnico tanto individualmente como mediante trabajo en equipo.
- Comprender y utilizar las técnicas utilizadas en la simulación de sistemas de comunicaciones.
- Comprender y aplicar los métodos empleados en la evaluación de prestaciones de sistemas de comunicaciones.
- Conocer los principios de los sistemas de radionavegación, radiodeterminación y radar.
- Describir y aplicar la ecuación de alcance para los sistemas de radar.
- Conocer los principios de funcionamiento y las aplicaciones de algunos de los tipos de radar.
- Gestionar bibliografía básica relacionada con técnicas de radar.
- Saber comunicar por escrito los resultados obtenidos en un trabajo de investigación, relacionándolos con los conceptos teóricos estudiados en la asignatura y en la bibliografía.

#### 4. Contenidos y/o bloques temáticos

##### Bloque 1: “Sistemas Radiantes y sus Aplicaciones”

Carga de trabajo en créditos ECTS:	3
------------------------------------	---

##### a. Contextualización y justificación

Cada sistema de radiocomunicaciones requiere una antena o sistema radiante. En unos casos pueden ser pequeñas o estar incorporadas dentro del equipo de radio, resultando casi invisibles. En otros casos, pueden emplearse antenas de gran tamaño, como en los radares o en los sistemas de asistencia al aterrizaje de aeronaves. Este bloque temático se inicia con el Tema 1, presentando las técnicas de diseño y simulación de antenas, con el objeto de trabajar sobre ello a lo largo del desarrollo de este bloque. En el Tema 2 se presentarán sistemas radiantes con características específicas que permiten obtener un comportamiento con baja dependencia de la frecuencia de trabajo del sistema. Finalmente, en el Tema 3 se abordarán las características de los sistemas de antena en función de su aplicación.

##### b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer los fundamentos en que se basan los programas informáticos de análisis de antenas.
- Manejar un programa informático para análisis y diseño de antenas.
- Interpretar adecuadamente el diseño de una antena y trasladarlo correctamente al sistema informático de simulación.
- Enumerar estructuras radiantes de banda ancha.
- Comprender el modo de operación de las antenas de banda ancha.
- Comprender las funciones que desarrollan los sistemas de antenas inteligentes.
- Identificar sistemas radiantes destinados a radionavegación y radiodeterminación.

##### c. Contenidos

###### TEMA 1: Diseño y simulación de antenas

1. Objetivos
2. Introducción
- 1.3 Métodos de análisis, modelado y simulación
- 1.4 Programas de modelado de antenas por ordenador
- 1.5 Resumen

###### TEMA 2: Antenas de banda ancha

- 2.1 Objetivos
- 2.2 Introducción
- 2.3 Antenas bicónicas
- 2.4 La antena discono
- 2.5 Antenas helicoidales
- 2.6 La antena logoperiódica
- 2.7 Otras antenas
- 2.8 Resumen



### TEMA 3: Aplicaciones de las antenas

- 3.1 Objetivos
- 3.2 Introducción
- 3.3 Antenas inteligentes
- 3.4 Antenas para radionavegación y radiodeterminación
- 3.5 Otras aplicaciones
- 3.6 Resumen

---

#### d. Métodos docentes

---

- Clase magistral participativa
- Estudio de casos en aula y laboratorio
- Aprendizaje colaborativo.
- Aprendizaje por el método de proyectos.

---

#### 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.
- Autoevaluación a través de herramientas informáticas (Moodle en el Campus Virtual UVa o equivalente).

Prueba escrita o a través de herramientas informáticas al final del cuatrimestre (con Moodle en el Campus Virtual UVa o equivalente).

---

#### g. Material docente

---

---

##### g.1 Bibliografía básica

---

- C. A. Balanis, *Modern Antenna Handbook*, John Wiley & Sons, 2008.
- C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, John Wiley & Sons, 2005.

---

##### g.2 Bibliografía complementaria

---

- S. Drabowitch *et al.*, *Modern Antennas*, 2<sup>nd</sup> ed., Springer 2005.
- I. Poole, *Newnes Guide to Radio and Communications Technology*, Newnes 2003.
- J. J. Carr, *Antenna Toolkit*, 2<sup>nd</sup> ed., Newnes, 2001.
- E. da Silva, *High Frequency and Microwave Engineering*, Elsevier 2001.
- I. Moir *et al.*, *Civil Avionics Systems*, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley 2013.
- F. W. J. Olver *et al.*, *NIST handbook of mathematical functions*, 2010.
- M.R. Spiegel *et al.*, *Fórmulas y tablas de matemática aplicada*, MacGraw-Hill. 2004.



- L. Rade, B. Westergren, *Mathematics Handbook for Science and Engineering*, 2004.
- ARRL, *The ARRL Antenna Book*, 22<sup>nd</sup> ed., The American Radio Relay League, 2011.
- A. García Domínguez, *Cálculo de antenas: antenas de última generación para tecnología digital y métodos de medición*, 4<sup>a</sup> ed., Marcombo, 2010.

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

- Biblioteca digital IEEE Xplore.
- WOS (Web of Science).
- Scopus.
- Guía de telecomunicación y electrónica (biblioteca UVA): <https://biblioguias.uva.es/c.php?q=654105>
- Recursos electrónicos de la biblioteca UVA.

### **h. Recursos necesarios**

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la Universidad de Valladolid o el profesor:

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.
- Bibliografía técnica en formato electrónico, suscrita por la Biblioteca Universitaria.
- Ordenadores y programa informático para análisis y diseño de antenas.

### **i. Temporalización**

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
3 ECTS	Semanas 1 a 8



## Bloque 2: “Sistemas de Radionavegación y Técnicas de Radar”

Carga de trabajo en créditos ECTS:

3

### a. Contextualización y justificación

El segundo bloque temático de la asignatura abarca cuatro temas. En el Tema 4, se explican los conceptos básicos relacionados con los sistemas de radionavegación y posicionamiento. Asimismo, se analizará la evolución histórica de estos sistemas y se explicarán diversos sistemas de navegación por satélite, incluyendo sistemas que se emplean actualmente y sistemas que se encuentran actualmente en fase de desarrollo. En el Tema 5, se estudiará el funcionamiento de dos tipos de radares primarios: radares de onda continua y radares de impulsos. A continuación, en el Tema 6, se analizarán los diferentes parámetros y efectos que determinan el alcance de un radar, para llegar a una formulación de la ecuación de alcance (ecuación radar). Finalmente, en el Tema 7 se estudiarán algunos tipos de radar adicionales, haciendo especial hincapié en las aplicaciones de estos sistemas.

### b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer el desarrollo de los sistemas de radionavegación desde una perspectiva histórica.
- Conocer la estructura y funcionamiento de los sistemas de navegación por satélite GPS, GLONASS, EGNOS y GALILEO.
- Describir el funcionamiento de los radares de onda continua y radares de impulsos.
- Resolver problemas relacionados con el funcionamiento de los radares de onda continua y los radares de impulsos.
- Describir la ecuación de alcance (ecuación radar) para los sistemas de radar.
- Aplicar la ecuación de alcance en la resolución de problemas prácticos.
- Clasificar los sistemas de radar.
- Conocer las aplicaciones principales de los sistemas de radar.
- Gestionar bibliografía básica relacionada tanto con sistemas de radionavegación y posicionamiento como con sistemas de radar.
- Saber comunicar por escrito y de forma oral los resultados de investigación en el ámbito de sistemas de radionavegación y posicionamiento, relacionándolos con los conceptos teóricos estudiados en la asignatura y en la bibliografía.
- Trabajar en equipo para resolver problemas prácticos y comunicar los resultados por escrito en un trabajo conjunto, relacionándolos con los conceptos teóricos estudiados en la asignatura y en la bibliografía básica.

### c. Contenidos

#### TEMA 4: Introducción a los Sistemas de Radionavegación y Posicionamiento

- 4.1 Objetivos
- 4.2. Definición de los sistemas de radionavegación
- 4.3 Evolución histórica
- 4.4 Sistemas de navegación por satélite: GPS, GLONASS y GALILEO
- 4.5 Resumen



**TEMA 5: Introducción a las técnicas y sistemas de radar**

- 5.1 Introducción y objetivos
- 5.2 Introducción a las técnicas de radar
- 5.3 Radares de onda continua
- 5.4 Radares de impulsos
- 5.5 Comparación entre radares de onda continua y radares de impulsos
- 5.6 Resumen

**TEMA 6: Ecuación de alcance**

- 6.1 Introducción y objetivos
- 6.2. Formulación de la ecuación radar
- 6.3. Análisis de los parámetros de la ecuación
- 6.4. Formulación alternativa de la ecuación radar
- 6.5 Probabilidad de falsa alarma u de detección
- 6.6. Integración de pulsos
- 6.7. Sección radar
- 6.8. Pérdidas
- 6.9 Resumen

**TEMA 7: Tipos de radar y aplicaciones**

- 7.1 Introducción y objetivos
- 7.2 Tipos de radar
- 7.3 Aplicaciones
- 7.4 Resumen

---

**d. Métodos docentes**

- Clase magistral participativa.
- Resolución de problemas en seminarios.
- 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, incluyendo la resolución de actividades propuestas a través del Campus Virtual.
- Resolución de problemas en los seminarios.
- Prueba escrita al final del cuatrimestre.

---

**g. Material docente**

---

**g.1 Bibliografía básica**

---



- E. Kaplan, *Understanding GPS: Principles and Applications*, Artech House, 1996.
- B. Forssell, *Radionavigation Systems*, Prentice-Hall, 1991.
- M. I. Skolnik. *Introduction to radar systems*, Mc-Graw Hill, 2001.

## **g.2 Bibliografía complementaria**

- Pérez-Martínez, *Sistemas de navegación por satélite*, Dpto. Publicaciones. Universidad Politécnica de Madrid, 1995.
- A. El-Rabbani, *Introduction to GPS*, Artech House, 2002.
- R. Aran Escuer y J. R. Aragonese Manso, *Sistemas de navegación aérea*, Paraninfo, 1983.
- D. K. Barton, C. E. Cook y P. Hamilton, *Radar evaluation handbook*, Artech House, 1991.
- D. K. Barton, *Radar system analysis and modeling*, Artech House, 2005.
- D. K. Barton y S. A. Leonov, *Radar technology encyclopedia*, Artech House, 1997.
- W. G. Carrara, R. S. Goodman y R. M. Majewski, *Spotlight synthetic aperture radar: signal processing algorithms*, Artech House, 1995.
- F. Losee, *RF systems, components and circuits handbook*, Artech House, 1997.

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

Todos los recursos telemáticos necesarios para cursar la asignatura se enlazarán a través de la página de la asignatura en el Campus Virtual.

## **h. Recursos necesarios**

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la Universidad de Valladolid o el profesor:

- Documentación de apoyo.
- Pizarra, ordenador y cañón de proyección en las aulas para las clases magistrales participativas y las clases de problemas.
- Aula de seminarios, con posibilidad de ser reconfigurada para el trabajo en grupo.
- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.
- Acceso a publicaciones científicas y técnicas, cuya temática esté relacionada con los sistemas de navegación por satélite y radar, a través de la Biblioteca de la Universidad de Valladolid.

## **i. Temporalización**

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
3 ECTS	Semanas 8 a 15

## **5. Métodos docentes y principios metodológicos**

A lo largo de la asignatura se emplearán los siguientes métodos docentes:

- Actividades presenciales:
  - Clases de teoría. Lección magistral participativa y debate. Podrá aplicarse el método de *clase invertida*, por el cual los estudiantes deberán haber visto de forma previa el vídeo con los contenidos teóricos correspondientes a ese día y durante el horario establecido para la clase de teoría, se aprovechará el tiempo para resolver dudas o realizar las tareas de trabajo personal del alumno.
  - Seminarios. Resolución de problemas relacionados con los contenidos de la asignatura.
  - Laboratorio. Desarrollo de forma individual de ejercicios de diseño asistido por ordenador. Comparación de los diseños realizados con sistemas reales. Esto permitirá comprender los retos que supone afrontar la ingeniería de un sistema real.
- Actividades no presenciales:
  - Trabajo individual. Estudio/trabajo personal. Resolución de ejercicios en el Campus Virtual. Desarrollo de proyectos. Estas tareas son importantes para complementar las actividades presenciales y facilitan el seguimiento regular de la asignatura.
  - Trabajo en grupo. Se desarrollarán habilidades de trabajo en grupo para abordar la resolución de problemas relacionados con los contenidos de la asignatura. Se desarrollarán competencias de trabajo en equipo, la resolución práctica de problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico, y la comunicación de información de forma oral y escrita.

## 6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA <sup>(1)</sup>	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	28	Estudio de los contenidos teóricos	35
Clases prácticas de aula (A)	12	Proyecto	20
Laboratorios (L)	8	Trabajo sobre las prácticas	10
Prácticas externas, clínicas o de campo	0	Realización de seminarios	15
Seminarios (S)	12	Trabajo colaborativo	10
Tutorías grupales (TG)	0		
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)	0		
Total presencial	<b>60</b>	Total no presencial	<b>90</b>
TOTAL presencial + no presencial			<b>150</b>

(1) Actividad presencial a distancia es cuando un grupo sigue una videoconferencia de forma sincrónica a la clase impartida por el profesor para otro grupo presente en el aula.

## 7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Actividades periódicas en el Campus Virtual UVa	10%	Se calificará a través de actividades desarrolladas de forma continuada con la herramienta Moodle.



Proyecto	10%	Se propondrá un proyecto a desarrollar fuera del horario presencial durante el periodo de impartición del bloque 1.
Resolución de problemas planteados en los seminarios	20%	Estas actividades requieren la asistencia del alumno. Se evaluará la resolución de varios problemas planteados en la asignatura. Con esta actividad se pretende evaluar la capacidad de los alumnos para aplicar los conceptos vistos en la asignatura, relacionar las ideas expuestas en los distintos temas.
Trabajo colaborativo correspondiente al Tema 7	10%	Estas actividades requieren la asistencia del alumno. Se evaluará la realización y exposición de un trabajo correspondiente al temario del Tema 7 en formato de trabajo grupal.
Examen de laboratorio	15%	Se evaluará el mismo día que el examen final. Para calificar el examen de laboratorio, es necesario (pero no suficiente) el realizar al menos al 70% de las prácticas de laboratorio en el horario establecido para dicha actividad. En caso de no cumplirse, la calificación será de 0 puntos en el examen de laboratorio.
Examen final. Bloque 1	15%	Consistirá en un cuestionario realizado en Moodle de forma individual en el que se cubrirán cuestiones teóricas y problemas. Para superar la asignatura es necesario (pero no suficiente) superar el 25% del examen final.
Examen final. Bloque 2	20%	Consistirá de una serie de cuestiones teórico-prácticas. Para superar la asignatura es necesario (pero no suficiente) superar el 25% del examen final.

#### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**  
En el caso de que no se alcancen los mínimos exigidos en la tabla anterior:
  - Si un alumno no alcanza los requisitos mínimos descritos en la tabla anterior, su calificación final en la asignatura será el mínimo entre el valor calculado según la ponderación descrita en la tabla y 4.5.
- **Convocatoria extraordinaria:**
  - Se mantiene la calificación obtenida en los dos primeros instrumentos de la tabla en ese mismo curso académico. El 60% restante de la calificación se obtendrá mediante la realización de un nuevo examen de laboratorio y de un nuevo examen escrito.

#### 8. Consideraciones finales

- El Anexo I mencionado en la guía, donde se describe la planificación detallada, se entregará al comienzo de la asignatura.