

PLAN DOCENTE DE LA ASIGNATURA

Curso académico: 2026/2027

Identificación y características de la asignatura					
Código	402388				
Denominación (español)	Tecnologías Duales: Radar y Radionavegación				
Denominación (inglés)	Dual-Use Technologies: Radar and Radionavigation				
Titulaciones	Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación				
Centro	Escuela Politécnica				
Módulo	Tecnologías de Telecomunicación				
Materia	Sistemas Avanzados de Comunicaciones				
Carácter	Obligatoria	ECTS	4.5	Semestre	2
Profesorado					
Nombre	Despacho			Correo-e	
Yolanda Campos Roca	26 Telecom. M3Lab Edificio de investigación			tabo@unex.es	
Área de conocimiento	Teoría de la Señal y Comunicaciones				
Departamento	Tecnologías de los Computadores y las Comunicaciones				
Profesor/a coordinador/a (si hay más de uno)					
Resultados de aprendizaje					
C01. Capacidad para aplicar métodos de la teoría de la información, la modulación adaptativa y codificación de canal, así como técnicas avanzadas de procesamiento digital de señal a los sistemas de comunicaciones y audiovisuales.					
COM03. Capacidad para diseñar sistemas de radionavegación y de posicionamiento, así como los sistemas radar.					
HB01. Capacidad para implementar sistemas por cable, línea, satélite en entornos de comunicaciones fijas y móviles.					
Contenidos					
Descripción general del contenido: Introducción a las Tecnologías duales con aplicaciones civiles, en seguridad y en defensa. Fundamentos de los sistemas					

radar. Elementos de los sistemas radar. Ecuación de alcance radar. Técnicas avanzadas de procesamiento de señales radar. Sistemas de posicionamiento y radionavegación. Sistemas de observación de la tierra. Radares de apertura sintética. ISAR. Sistemas de control del tráfico aéreo. Técnicas de contramedidas electrónicas y mitigación de interferencias. Aplicaciones medioambientales: Detección de basura espacial, teledetección de incendios o deforestación. Ecosistema español y europeo: empresas y centros de I+D líderes en sistemas radar y de posicionamiento.

Temario

1. Tecnologías duales y fundamentos de Radar.

Concepto de tecnología dual: cadena civil-seguridad-defensa. Marco de control de doble uso. Programas EDF/EDA, Copernicus, EU SST. Fundamentos de radar: geometrías monoestática y biestática; PRI, PRF, medida de distancia, velocidad radial y ángulo; resoluciones y ambigüedades; clasificación de radares; bandas de uso y asignación espectral (UIT). Ecuación de alcance radar. Pérdidas. RCS: mecanismos de dispersión, predicción numérica y medida. Detección y decisión: SNR, probabilidades de detección y falsa alarma, integración coherente y no coherente, CFAR, fluctuación del blanco (Swerling).

Práctica 1. Simulación de RCS de blancos canónicos

2. Elementos y arquitectura del sistema radar.

Cadena de transmisión: TWT/magnetron frente a estado sólido; amplificadores GaN; módulos T/R; balance de potencia, ciclo de trabajo y disipación. Antenas y arrays: exploración mecánica; AESA; control de haz; conformado analógico y digital (DBF), subarrays; degradación por errores y calibración. Compresión de pulsos: chirp LFM/NLFM, códigos de fase, CW y FMCW; ambigüedades de rango Doppler y staggering. Receptor y cadena digital: SNR, rango dinámico, muestreo en IF y directo, ADC, radar definido por software; coherencia y estabilidad de fase.

Práctica 2. Síntesis de agrupación monopulso

Práctica 3. Compresión de pulsos

3. Procesado avanzado e imagen radar.

Procesado Doppler y supresión de clutter: MTI, filtros de cancelación, pulse-Doppler, mapas de clutter, velocidad ciega. Estimación, seguimiento y clasificación: radar monopulso, estimación de DOA, superresolución, fusión multisensor; NCTR y firmas micro-Doppler (drones, JEM). SAR: geometrías, resolución en azimuth, algoritmos de formación, autoenfoco. ISAR y arquitecturas emergentes: rotación del blanco, ISAR marítimo y aéreo, compensación de movimiento; radar MIMO, radar pasivo (PCL), OTH-HF.

Práctica 4. Procesado MTI y Doppler

Práctica 5. Formación de imagen SAR e ISAR

4. Sistemas de radionavegación y posicionamiento.

GNSS: GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou; fundamentos de navegación satelital; sistemas de coordenadas; constelaciones; formas de onda (CDMA, BOC/AltBOC);

prestaciones y cotas de error; servicios y componente dual (Galileo PRS, GPS M-code). Radiogoniómetros y radiofaros; VOR/DME; Sistemas de aterrizaje y aproximación aérea: ILS y MLS, TACAN. Identificación en sistemas radar; radar primario (PSR) y secundario (SSR), IFF, ADS-B; arquitectura ATC/ATM europea. Vulnerabilidad del posicionamiento: interferencia, jamming; detección y mitigación.

Práctica 6. Procesado GPS

5. Observación de la tierra y aplicaciones medioambientales.

Misiones SAR y ópticas (Sentinel-1/Copernicus, PAZ, Ingenio, constelaciones comerciales), altimetría, radar meteorológico y dispersometría; vigilancia espacial y basura orbital (radar S3TSR, centro S3TOC en Torrejón, programa nacional S3T y EU SST); teledetección de incendios, deforestación y biomasa; vertidos, vigilancia marítima; cambio climático, hielo.

Práctica 7. Acceso a datos Sentinel/Copernicus

Actividades formativas

TEMA	TOTAL	Actividades Presenciales (AP)					Actividades Virtuales (AV)				TP	TA
		GG	CH	L	O	S	CST	CSP	CAT	CAP		
1	20,5						6	2				12,5
2	24						6	2				16
3	25	1					5	4				15
4	21	5			4							12
5	20	5			3							12
Evaluación	2	2										
Totales	112,5	13	0	0	7	0	17	8	0	0	0	67,5
		45% Presencialidad					55% Virtualidad					

Actividades Presenciales (AP)

Actividades que se desarrollan en un único espacio físico y que implican interacción física entre estudiante y docente:

- GG: Grupo Grande (85 estudiantes).
- CH: Actividades de prácticas clínicas hospitalarias (7 estudiantes)
- L: Actividades de laboratorio o prácticas de campo (15 estudiantes)
- O: Actividades en sala de ordenadores o laboratorio de

Actividades Virtuales (AV)

Actividades que no se desarrollan en un espacio físico común. Pueden ser síncronas (implican interacción estudiante / docente) o asíncronas:

- CST: Clase síncrona teórica.
- CSP: Clase síncrona práctica.

idiomas (20 estudiantes) - S: Actividades de seminario o de problemas en clase (40 estudiantes).	- CAT: Clase asíncrona teórica. - CAP: Clase asíncrona práctica.
- TP: Tutorías Programadas (seguimiento docente, tutorías ECTS). - TA: Trabajo autónomo del estudiante.	
Metodologías docentes	
Clases magistrales impartidas en grupo grande (GG) y mediante clases síncronas teóricas (CST). Se explicarán los fundamentos teóricos de la asignatura y se resolverán problemas propuestos, de forma autónoma o en equipos. Sesiones de prácticas guiadas impartidas en sala de ordenadores (O) y mediante clases síncronas prácticas (CSP), en ambos casos usando Matlab.	
Sistemas de evaluación	
1. Examen final (EF) de preguntas cortas y problemas. Ponderación del 60% sobre la nota final. La realización de este examen requerirá la presencia física del estudiante en el aula. Para aprobar la asignatura será necesario superar al menos el 50% de este examen. 2. Evaluación continua (EC). Ponderación del 40% sobre la nota final. a. Pruebas escritas/orales de preguntas cortas y resolución de problemas a lo largo del curso, tanto en grupo grande como en las clases síncronas teóricas. b. Participación en la elaboración y valoración de casos prácticos en las clases síncronas de prácticas y la sala de ordenadores. Será necesario superar al menos un 40% de la EC para aprobar la asignatura. Aquellos alumnos que deseen evaluación global, podrán realizar un examen práctico final en la sala de ordenadores que sustituirá a los resultados de la EC. Este examen requerirá la presencia física del estudiante en la sala de ordenadores. 3. La nota de EC, siempre que ésta supere el umbral del 40%, solamente será tomada en consideración en el caso de que contribuya a mejorar la nota final de la asignatura, que se calculará según el siguiente algoritmo: Si $EC \geq 4$ sobre 10: $MAX(0.6*EF + 0.4*EC; EF)$; Si $EC < 4$ sobre 10: $MIN(EF; 4)$. Si no se supera el 50% del EF, la nota final será la obtenida en el EF. 4. Para la evaluación de cada uno de estos elementos se aplicará el sistema	

de calificaciones vigente en el RD 1125/2003, artículo 5º.

Bibliografía (básica y complementaria)

Básica:

Material proporcionado por el profesor en el Campus Virtual de la asignatura, <http://campusvirtual.unex.es/>

Complementaria:

M. I. Skolnik, *Introduction to Radar Systems*, 3.^a ed., McGraw-Hill, 2001. ISBN 978-0-07-288138-7

M. A. Richards, J. A. Scheer, W. A. Holm (eds.), *Principles of Modern Radar: Basic Principles*, SciTech/IET, 2010. ISBN 978-1-891121-52-4

E. D. Kaplan, C. J. Hegarty (eds.), *Understanding GPS/GNSS: Principles and Applications*, 3.^a ed., Artech House, 2017. ISBN 978-1-63081-058-0

O. N. Skrypnik, *Radio Navigation Systems for Airports and Airways*, Springer (Springer Aerospace Technology), 2019. ISBN 978-981-13-7200-1

Otros recursos y materiales docentes complementarios

Microsoft Teams

Matlab completo

https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Main_Page

<https://www.radartutorial.eu/index.en.html>

<https://www.gsc-europa.eu/electronic-library/programme-reference-documents>

<https://www.gps.gov/performance-standards-specifications>

https://www.faa.gov/air_traffic/publications/atpubs/aim_html/chap1_section_1.html

<https://skybrary.aero/articles/secondary-surveillance-radar-ssr>