

**ANX-PR/CL/001-02**  
**GUÍA DE APRENDIZAJE**

**ASIGNATURA**

Sistemas radar

**CURSO ACADÉMICO - SEMESTRE**

2015-16 - Primer semestre

## Datos Descriptivos

---

<b>Nombre de la Asignatura</b>	Sistemas radar
<b>Titulación</b>	09AQ - Master Universitario en Ingenieria de Telecomunicacion
<b>Centro responsable de la titulación</b>	E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicacion
<b>Semestre/s de impartición</b>	Tercer semestre
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Código UPM</b>	93000815
<b>Nombre en inglés</b>	Radar systems

## Datos Generales

---

<b>Créditos</b>	6	<b>Curso</b>	2
<b>Curso Académico</b>	2015-16	<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano	<b>Otros idiomas de impartición</b>	

## Requisitos Previos Obligatorios

---

### Asignaturas Superadas

El plan de estudios Master Universitario en Ingenieria de Telecomunicacion no tiene definidas asignaturas previas superadas para esta asignatura.

### Otros Requisitos

El plan de estudios Master Universitario en Ingenieria de Telecomunicacion no tiene definidos otros requisitos para esta asignatura.

## Conocimientos Previos

---

### Asignaturas Previas Recomendadas

El coordinador de la asignatura no ha definido asignaturas previas recomendadas.

### Otros Conocimientos Previos Recomendados

Conceptos básicos de radares de onda continua y radares pulsados de vigilancia.

Tratamiento digital de la señal

## Competencias

---

CE5 - Capacidad para diseñar sistemas de radionavegación y de posicionamiento, así como los sistemas radar.

CG2 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CG4 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CT3 - Capacidad para adoptar soluciones creativas que satisfagan adecuadamente las diferentes necesidades planteadas.

## Resultados de Aprendizaje

---

RA79 - Capacidad para dimensionar e implementar procesadores de datos radar

RA80 - Capacidad para dimensionar e implementar procesadores de señal radar

RA81 - Capacidad para dimensionar formas de onda para sistemas radar

## Profesorado

---

### Profesorado

Nombre	Despacho	e-mail	Tutorías
Asensio Lopez, Alberto ( <b>Coordinador/a</b> )	C-423	alberto.asensio.lopez@upm.es	L - 08:00 - 09:00 X - 08:00 - 09:00
Gismero Menoyo, Javier	C-419	javier.gismero@upm.es	M - 09:00 - 10:00 J - 09:00 - 10:00
Perez Martinez, Felix	C-420	felix.perez.martinez@upm.es	J - 09:00 - 10:00 V - 09:00 - 10:00

**Nota.-** Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## Descripción de la Asignatura

---

El objetivo de la asignatura es transmitir al alumno los conceptos básicos de los radares modernos, y sus aplicaciones. El curso comenzará con la realización de dos prácticas de laboratorio, que permitirán al alumno recordar y afianzar los conceptos aprendidos en la asignatura de grado, **RADIODETERMINACIÓN**, donde se imparten los principios de funcionamiento de los radares de onda continua y radares pulsados no coherentes sin modulación intra-pulso, y las técnicas más comunes en Radiogoniometría. También se aborda la ecuación de alcance radar y la fluctuación de la sección radar de los blancos. Para los alumnos que no cursaron esa asignatura, esta actividad de laboratorio les puede permitir nivelarse con el resto. En la primera práctica se analizará y manejará un radar marino, radar pulsado no coherente, y en la segunda un prototipo radar para laboratorios docentes. En este caso se experimentará con un radar de onda continua. En estas dos prácticas se capturaran datos reales digitalizados, que serán utilizados por los alumnos para realizar dos trabajos implementando sencillos programas en MATLAB. Además de una breve memoria de estos dos trabajos o tareas y de un tercer trabajo, el alumno deberá realizar una breve exposición oral de los mismos. El peso de estas actividades en la calificación final será del 75%. Los trabajos serán tutorizados por los profesores de la asignatura. Los siguientes temas están relacionados con las diferentes formas de onda que son utilizados por los sistemas de última generación, y su correcta parametrización y procesado. FMCW-radar y compresión de pulsos. Al final de estos temas se realizará una tercera práctica de laboratorio con el entrenador radar donde se experimentará con blancos reales a escala, utilizando tanto señales pulsadas como señales de onda continua y frecuencia modulada. Se hará un especial énfasis en el efecto doppler para este tipo de señales, abriendo la puerta al procesado coherente de la señal. También se realizarán diferentes capturas de datos reales digitalizados para que los alumnos realicen un tercer trabajo. Los siguientes temas: caracterización de clutter, procesador de señal y técnicas CFAR llenarán de contenido esta actividad. Los últimos temas de la asignatura están dedicados al extractor y procesador de datos radar, y a los radares de secundarios. Para finalizar, este primer año, se ha incluido un tema dedicado a los sistemas de radio navegación debido a que el número de optativas ofertado es limitado. En los cursos próximos se introducirá actividades adicionales relacionadas con los procesadores de datos radar y algoritmos de seguimiento, utilizando datos reales, plots procedentes de radares secundarios en operación normal.

## Temario

---

1. Radar Marino
  - 1.1. Introducción
  - 1.2. Justificación operativa
  - 1.3. Estructura del sistema
  - 1.4. Equipos del laboratorio
  - 1.5. Funcionalidades de los sistemas
  - 1.6. Escenario de las prácticas
  - 1.7. Captura de datos reales para el trabajo nº 1
  - 1.8. Guion de realización de la práctica nº 1

2. Sistema entrenador radar Lab-Volt
  - 2.1. Conceptos básicos
  - 2.2. Descripción del Sistema
  - 2.3. Módulo Transmisor
  - 2.4. Módulo Receptor
  - 2.5. Muestreador de Doble Canal
  - 2.6. Antena parabólica y Pedestal de Antena
  - 2.7. Sistema de posicionamiento de blancos
  - 2.8. MONTAJE 1. RADAR de onda continua (CW-RADAR) y efecto Doppler Sistema de posicionamiento de blancos
  - 2.9. Captura de datos reales para el trabajo nº 2
  - 2.10. Guion de realización de la práctica nº 2
3. Radares de Onda Continua y Frecuencia Modulada
  - 3.1. Principio de Funcionamiento
  - 3.2. CW-FM Radar. Modulación FSK
  - 3.3. CW-FM Radar. Modulación Diente de Sierra
  - 3.4. CW-FM Radar. Modulación Onda Triangular
  - 3.5. CW-FM Radar. Modulación Mixta
  - 3.6. Ejercicio
4. Técnicas de Compresión de Pulsos
  - 4.1. Introducción. Filtro Adaptado
  - 4.2. Señal Chirp. Control de los lóbulos secundarios
  - 4.3. Implementación Digital del Filtro Adaptado. Ejemplos Matlab
  - 4.4. Ejercicio
  - 4.5. Alternativas a la forma a la señal chirp. Modulación de Fase
  - 4.6. Derramping
  - 4.7. Resolución Sintética en Distancia. Saltos de Frecuencia
5. Sistema entrenador radar Lab-Volt . Parte 2
  - 5.1. MONTAJE 2. RADAR pulsado
  - 5.2. La pantalla A-SCOPE
  - 5.3. La relación Distancia-Retardo
  - 5.4. MONTAJE 3. RADAR FM-CW
  - 5.5. Captura de datos reales para el trabajo nº 3
  - 5.6. Guion de realización de la práctica nº 3

6. Caracterización de Clutter
  - 6.1. Introducción
  - 6.2. Efectos del Clutter en un sistema radar
  - 6.3. Tipos de Clutter
  - 6.4. Parámetros característicos del Clutter
  - 6.5. Ejercicio
7. Procesador de Señal Radar. Integradores
  - 7.1. Estructuras de Procesadores de Señal
  - 7.2. Procesado Coherente. MTI vs MTD
  - 7.3. Parámetros Característicos del Procesado Coherente
  - 7.4. Entrelazado de Modos. Agilidad y STAGGER
  - 7.5. Procesado No Coherente
  - 7.6. Integración Binaria
  - 7.7. Ejercicio
8. Técnicas CFAR
  - 8.1. CFAR Espacial. CA-CFAR
  - 8.2. Pérdidas CFAR
  - 8.3. CFAR Temporal. Mapa de Clutter
  - 8.4. SCV. Factor de Visibilidad bajo Clutter
  - 8.5. Ejercicio
9. Extractor y Procesador de Datos Radar
  - 9.1. Extractor de Datos
  - 9.2. Técnica de Ventana Deslizante
  - 9.3. Técnica de Ventana Deslizante + Técnica Monopulso
  - 9.4. Procesador de Datos Radar
  - 9.5. Filtros de Seguimiento
10. Sistemas de Control de Tráfico Aéreo (ATC). Radar Secundario
  - 10.1. ATC. Introducción
  - 10.2. SSR clásico. Modos A/C
  - 10.3. SSR clásico. Garbling y Fruit
  - 10.4. SSR clásico. Determinación del azimut por ventana deslizante
  - 10.5. SSR clásico. Balance de enlace. Estructura de receptores
  - 10.6. SSR clásico. Precisión en la medida de la distancia
  - 10.7. SSR Modo Selectivo. Principio de operación
  - 10.8. SSR Modo S. Formato de las señales
  - 10.9. SSR Modo S. Squitters. ADSB

11. Sistema GNSS (Global Navigation Satellite System)

11.1. Arquitectura, principio de funcionamiento y limitaciones del sistema GPS

11.2. Sistema de aumentación (Augmentation Systems)

11.3. Sistema EGNOS

11.4. Sistema GALILEO

11.5. Otros sistema en desarrollo



## Cronograma

**Horas totales:** 60 horas

**Horas presenciales:** 60 horas (38.5%)

**Peso total de actividades de evaluación continua:**  
100%

**Peso total de actividades de evaluación sólo prueba final:**  
100%

Semana	Actividad Presencial en Aula	Actividad Presencial en Laboratorio	Otra Actividad Presencial	Actividades Evaluación
Semana 1	<p><b>Presentación de la asignatura</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Temas 1 y 2</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 2	<p><b>Tema 3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica nº 1 (dos turnos)</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
Semana 3	<p><b>Tema 3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica nº 2 (dos turnos)</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
Semana 4	<p><b>Tema 3</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 5	<p><b>Tema 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
Semana 6	<p><b>Tema 5</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica nº 3 (cuatro turnos)</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
Semana 7	<p><b>Tema 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Entrega de la Memorias de las práctica</b> Duración: 00:00 TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final Actividad presencial</p>
Semana 8	<p><b>Tema 7</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Prueba de Seguimiento. Presentación primer trabajo</b> Duración: 01:00 PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Actividad presencial</p>

Semana 9	<p><b>Tema 7</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 7</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
Semana 10	<p><b>Tema 8</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 8</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
Semana 11	<p><b>Tema 9</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 12	<p><b>Tema 10</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Prueba de Seguimiento. Presentación trabajo nº 2</b> Duración: 01:00 PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Actividad presencial</p>
Semana 13	<p><b>Tema 10</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 11</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 14	<p><b>Tema 11</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Prueba de Seguimiento. Presentación trabajo nº 3</b> Duración: 01:00 PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua Actividad presencial</p>
Semana 15				<p><b>Prueba de Seguimiento. Presentación trabajo nº 3</b> Duración: 04:00 PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua Actividad presencial</p>
Semana 16				<p><b>Examen Final</b> Duración: 02:00 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial</p>
Semana 17				<p><b>Examen Final</b> Duración: 04:00 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Actividad presencial</p>

**Nota.-** El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura que puede sufrir modificaciones durante el curso.

**Nota 2.-** Para poder calcular correctamente la dedicación de un alumno, la duración de las actividades que se repiten en el tiempo (por ejemplo, subgrupos de prácticas") únicamente se indican la primera vez que se definen.

## Actividades de Evaluación

Semana	Descripción	Duración	Tipo evaluación	Técnica evaluativa	Presencial	Peso	Nota mínima	Competencias evaluadas
7	Entrega de la Memorias de las práctica	00:00	Evaluación continua y sólo prueba final	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Sí	10%	5 / 10	CG2
8	Prueba de Seguimiento. Presentación primer trabajo	01:00	Evaluación continua	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Sí	20%	5 / 10	CG4, CE5, CT3, CG2
12	Prueba de Seguimiento. Presentación trabajo nº 2	01:00	Evaluación continua	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Sí	25%	5 / 10	CG4, CE5, CT3, CG2
14	Prueba de Seguimiento. Presentación trabajo nº 3	01:00	Evaluación continua	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Sí	25%	5 / 10	CE5, CT3, CG2, CG4
15	Prueba de Seguimiento. Presentación trabajo nº 3	04:00	Evaluación continua	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Sí		5 / 10	CT3, CG4, CE5, CG2
16	Examen Final	02:00	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	20%	4 / 10	CG2, CE5
17	Examen Final	04:00	Evaluación sólo prueba final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	90%	5 / 10	CG4, CE5, CG2, CT3

## Criterios de Evaluación

Los alumnos serán evaluados por defecto, mediante evaluación continua. La calificación de la asignatura para estos alumnos se realizará del siguiente modo: 70% Presentación oral y escrita de los trabajos, 10% las memorias de las prácticas de laboratorio y 20% examen final.

Los alumnos que antes del 1 Octubre de 2015 soliciten ser evaluados mediante un examen final, su calificación se realizará del siguiente modo: 10% memorias de las prácticas de laboratorio y 90% examen final.

## Recursos Didácticos

Descripción	Tipo	Observaciones
Principles of Modern Radar, M.A. Richards	Bibliografía	
Secondary Surveillance Radar M.C. Stevens	Bibliografía	
Introduction to Radar analysis B. Mahalza	Bibliografía	
Radar Principles N. Levanon	Bibliografía	
Introduction to Radar Systems, M. Skolnik	Bibliografía	
Documentación de las Prácticas de Laboratorio, J.Gismero y A.Asensio	Otros	
Documentación temas 1-10, J.Gismero y A.Asensio	Otros	
Documentación tema 11, F. Pérez	Otros	
Radares Marinos JRC	Equipamiento	Sistemas radar en bandaX comerciales utilizados en la primera práctica de laboratorio
Entrenador Radar LAB_VOLT	Equipamiento	Prototipo Radar de Laboratorio para labores docentes. Incluye los principales subsistemas de un radar, y una plataforma que permite simular blancos reales con diferentes sección radar,