



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de  
Telecomunicacion

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**93000804 - Circuitos De Alta Frecuencia**

### PLAN DE ESTUDIOS

09AQ - Master Universitario En Ingenieria De Telecomunicacion

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	12

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	93000804 - Circuitos de Alta Frecuencia
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Tercer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	09AQ - Master Universitario en Ingeniería de Telecomunicacion
<b>Centro responsable de la titulación</b>	09 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2023-24

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Jaime Esteban Marzo (Coordinador/a)	B-420	jaime.esteban@upm.es	Sin horario. Se ruega, y se recomienda, concertar cita por correo electrónico.

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

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

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

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Fundamentos de la ingeniería de microondas y de los subsistemas de radiofrecuencia

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

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.

CT4 - Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo.

CT5 - Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA52 - Capacidad de evaluar, diseñar y analizar los subsistemas de RF asociadas a sistemas de comunicaciones

RA9 - Saber redactar informes técnicos sobre trabajos realizados, con una estructura, contenidos y lenguaje del nivel adecuado a un trabajo de ingeniería

RA51 - Conocimiento y caracterización de los elementos de los sistemas de alta frecuencia

RA25 - P ráctica de habilidades transversales necesarias para la gestión y participación en proyectos de ingeniería. (CG4, CT2, CT4)

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Suponiendo previamente adquiridos los conocimientos básicos sobre los circuitos para alta frecuencia, la asignatura se centra en el diseño de los subsistemas esenciales que configuran la cadena de radiofrecuencia de un sistema de comunicaciones, o de cualquier otro sistema (radar, industrial, médico, etc) que requiera el uso de frecuencias elevadas.

Se revisan las diversas tecnologías, analizando sus ventajas e inconvenientes, y se discute la elección de la más adecuada en cada caso, considerando los condicionantes que la tecnología introduce en los diseños, a saber: la forma de realización, los materiales involucrados, las limitaciones a la topología, etc. Como asignatura eminentemente práctica se centra el esfuerzo en la realización de subsistemas con requisitos de banda, potencia, ruido, etc, cercanos a los que habitualmente encuentra en su actividad profesional un especialista en radiofrecuencia.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Aspectos generales del diseño de sistemas de RF
  - 1.1. Funciones más comunes de procesamiento de señal en RF. Subsistemas que las implementan.
  - 1.2. Tecnologías empleadas en la realización de subsistemas de RF. Materiales.
  - 1.3. Uso de modelos circuitales para el diseño. Ventajas y limitaciones.
  - 1.4. Simuladores electromagnéticos y circuitales.
  - 1.5. Realización práctica de un caso.
2. Revisión de medios de transmisión
  - 2.1. Guías de onda.
  - 2.2. Líneas multi-conductoras.
  - 2.3. Cavidades.
3. Subsistemas pasivos
  - 3.1. Filtrado en RF. Elección de la respuesta. Realización condicionada a la tecnología.
  - 3.2. Realización práctica de casos en diferentes tecnologías.
  - 3.3. Multiplexores.
  - 3.4. Adaptación de impedancias. Estructuras para banda ancha.
  - 3.5. Divisores y acopladores. Distribución de señal.
  - 3.6. Atenuación. Consideraciones de potencia. Terminaciones adaptadas.
  - 3.7. Realización práctica de un caso.
4. Dispositivos de control
  - 4.1. Conmutadores. Desfasadores.
5. Conversión de frecuencias.
  - 5.1. Mezcla. Aproximación de ley cuadrática. Limitaciones.
  - 5.2. Aproximación de orden superior. Pérdidas de conversión. Figura de ruido. Adaptación.
  - 5.3. Mezcladores armónico, balanceado y con rechazo de imagen.
6. Amplificación en alta frecuencia.
  - 6.1. Ganancia y estabilidad.
  - 6.2. Realización práctica de un caso.

- 6.3. Diseño para máxima ganancia. Amplificación multietapa.
- 6.4. Diseño para máxima potencia. Recta de carga.
- 6.5. Diseño para mínimo ruido.
- 6.6. Amplificadores balanceados. División/combinación.
- 6.7. Realización práctica de un caso.
- 6.8. Introducción al análisis no lineal.
- 7. Generación de señal.
  - 7.1. Diseño de osciladores como redes de dos puertas. Bucle de realimentación.
  - 7.2. Diseño de osciladores como redes de una puerta. Resistencia negativa. Criterios de estabilidad. Histéresis.
  - 7.3. Configuraciones de osciladores con transistores.
  - 7.4. Caracterización del ruido.

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Funciones más comunes de procesado de señal en RF. Subsistemas que las implementan. Tecnologías empleadas en la realización de subsistemas de RF. Materiales.</b></p> <p>Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>Uso de modelos circuitales para el diseño. Ventajas y limitaciones.</b></p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Realización práctica de un caso.</b></p> <p>Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
3	<p><b>Revisión de medios de transmisión: Guías de onda.</b></p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Simuladores circuitales y electromagnéticos</b></p> <p>Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
4	<p><b>Revisión de medios de transmisión: Líneas multi-conductoras.</b></p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Revisión de medios de transmisión: Cavidades</b></p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
5	<p><b>Filtrado en RF Elección de la respuesta. Realización condicionada a la tecnología.</b></p> <p>Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Realización práctica de casos en diferentes tecnologías.</b></p> <p>Duración: 02:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
6	<p><b>Multiplexores.</b></p> <p>Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Adaptación de impedancias. Estructuras para banda ancha.</b></p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Simulación de filtros</b></p> <p>Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		

7	<p><b>Divisores y acopladores. Distribución de señal.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Entrega de memoria de diseños y presentación</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p>
8	<p><b>Atenuación. Consideraciones de potencia. Terminaciones adaptadas.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Realización práctica de un caso.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Dispositivos de Control. Conmutadores, desfasadores.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
9	<p><b>Conversión de frecuencias. Mezcla. Aproximación cuadrática. Aproximación de orden superior. Pérdidas de conversión. Figura de ruido.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Entrega de memoria de diseños y presentación</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p>
10	<p><b>Conversión de frecuencias. Frecuencia imagen. Mezcladores armónico, balanceado y con rechazo de imagen.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Amplificación en alta frecuencia. Ganancia y estabilidad.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Simulación de amplificadores en pequeña señal</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
11	<p><b>Diseño para máxima ganancia. Amplificación multietapa. Diseño para máxima potencia. Recta de carga.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Entrega de memoria de diseños y presentación</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p>
12	<p><b>Diseño para mínimo ruido. Amplificadores balanceados. División/combinación.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Realización práctica de un caso.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
13	<p><b>Introducción al análisis no lineal</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Simuladores circuitales para análisis no lineal.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		

14	<p><b>Generación de señal. Diseño de osciladores como redes de dos puertas.</b></p> <p><b>Diseño de osciladores como redes de una puerta.</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Entrega de memorias de diseños</b></p> <p>TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo</p> <p>Evaluación continua</p> <p>Presencial</p> <p>Duración: 02:00</p>
15				
16				
17				<p><b>Prueba final de conjunto</b></p> <p>EX: Técnica del tipo Examen Escrito</p> <p>Evaluación sólo prueba final</p> <p>Presencial</p> <p>Duración: 03:00</p>

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
7	Entrega de memoria de diseños y presentación	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	25%	2 / 10	CG4 CT3 CT4 CT5
9	Entrega de memoria de diseños y presentación	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	25%	2 / 10	CG4 CT3 CT4 CT5
11	Entrega de memoria de diseños y presentación	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	25%	2 / 10	CG4 CT3 CT4 CT5
14	Entrega de memorias de diseños	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	02:00	25%	2 / 10	CG4 CT3 CT4 CT5

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Prueba final de conjunto	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG4 CT3 CT4 CT5

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
-------------	-----------	------	----------	-----------------	-------------	------------------------

Prueba final de conjunto.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG4 CT3 CT4 CT5
---------------------------	-------------------------------------	------------	-------	------	--------	--------------------------

## 7.2. Criterios de evaluación

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura. Por tanto, la evaluación en la convocatoria extraordinaria usará los mismos tipos de técnicas evaluativas que se usan en la evaluación de la convocatoria ordinaria.

La evaluación será progresiva, mediante la realización de diseños, que los alumnos llevarán a cabo en pequeños grupos.

- Los diseños serán uno por cada bloque fundamental de la asignatura, hasta un total de cuatro. Se entrega y se corrige un documento por cada diseño. Los alumnos deben hacer, además, una presentación pública de los resultados en el caso de los trabajos en grupo.
- En el caso de diseños en grupos de tres o más alumnos la calificación de cada diseño se modula mediante los resultados de un formulario de evaluación entre pares, siguiendo el procedimiento propuesto en:
  - Judy Goldfinch & Robert Raeside (1990), 'Development of a Peer Assessment Technique for Obtaining Individual Marks on a Group Project', *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 15:3, 210-231, DOI: 10.1080/0260293900150304
  - Judy Goldfinch (1994), 'Further Developments in Peer Assessment of Group Projects', *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 19:1, 29-35, DOI: 10.1080/0260293940190103

La evaluación en la convocatoria extraordinaria se realizará exclusivamente a través del sistema de prueba global.

El alumno que opte por la prueba global (y aquél que se presente a la convocatoria extraordinaria) deberá superar un ejercicio escrito, consistente en un diseño de tipo similar a los propuestos a lo largo del curso, disponiendo para ello de bibliografía y medios de cálculo suficientes. Se le podrá requerir que haga una presentación de los resultados.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
"Terrestrial Digital Microwave Communications", F. Ivanek, Artech House, 1989.	Bibliografía	Texto que describe los sistemas de comunicaciones en alta frecuencia
"Microwave Engineering", D.M. Pozar. Hoboken, NJ, J. Wiley, 2005	Bibliografía	Texto de carácter general
"Foundations for Microwave Engineering", R.E. Collin, Wiley-IEEE Press, 2001.	Bibliografía	Texto de carácter general
"Microwave Transistor Amplifiers. Analysis and Design", G. González, 2nd. ed., Prentice-Hall Inc., 1997.	Bibliografía	Texto de carácter general
"Microwave circuit design: a practical approach using ADS", Yeom, K.W., 1st edition, Prentice Hall, 2015.	Bibliografía	Texto para el uso de ADS
Información a disposición del estudiante (transparencias, artículos, etc.)	Recursos web	Información específica de la asignatura suministrada por los profesores en la plataforma <a href="https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales">https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales</a>
Licencia institucional de Keysight-ADS	Otros	

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Objetivos de Desarrollo Sostenible:

En general esta asignatura está relacionada con el ODS número 9: "Industria, innovación e infraestructuras" ya que proporciona conocimientos aplicables a la industria. En particular el punto 9.5: "Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica industrial, y de aquí a 2030, aumentar considerablemente el número de trabajadores y el gasto público y privado".