



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 Ingeniería de Telecomunicacion

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2019/20 - 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

## 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>	2019-20

## 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.
Francisco Eduardo Carrasco Yopez	B-417	eduardo.carrasco@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.

## 2.2. Personal investigador en formación o similar

Nombre	Correo electrónico	Profesor responsable
Martinez De Rioja Del Nido, Eduardo Maria	em.martinezderioja@upm.es	Esteban Marzo, Jaime

## 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

RA10 - Saber realizar una presentación de carácter técnico, ante una audiencia de pares, que describa el trabajo realizado y sus resultados, de forma clara y bien estructurada, en el tiempo establecido, y usando un lenguaje preciso

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

RA25 - Práctica 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.
8. Prácticas de Laboratorio

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	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. Uso de modelos circuitales para el diseño. Ventajas y limitaciones.</b></p> <p>Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<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>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: Líneas multi-conductoras. Cavidades</b></p> <p>Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<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>	
5	<p><b>Técnicas de Medida. Analizador de redes y calibración.</b></p> <p>Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Multiplexores.</b></p> <p>Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Evaluación experimental de un diseño. Sesión 1.</b></p> <p>Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
6	<p><b>Adaptación de impedancias. Estructuras para banda ancha. Divisores y acopladores. Distribución de señal.</b></p> <p>Duración: 03:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Atenuación. Consideraciones de potencia. Terminaciones adaptadas.</b></p> <p>Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Entrega de la memoria del laboratorio. Sesión 1.</b></p> <p>TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 00:00</p>
7	<p><b>Técnicas de Medida. Medida de redes multipuerta.</b></p> <p>Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Evaluación experimental de un diseño. Sesión 2.</b></p> <p>Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p><b>Realización práctica de un caso.</b></p> <p>Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	



8	<p><b>Dispositivos de Control. Conmutadores, desfasadores.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Presentación de trabajos de evaluación continua</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Duración: 02:00</p>
9	<p><b>Conversión de frecuencias. Mezcla. Aproximación cuadrática. Aproximación de orden superior. Pérdidas de conversión. Figura de ruido. Frecuencia imagen. Mezcladores armónico, balanceado y con rechazo de imagen.</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Entrega de la memoria del laboratorio. Sesión 2.</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Duración: 00:00</p>
10	<p><b>Amplificación en alta frecuencia. Ganancia y estabilidad.</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>Presentación de trabajos de evaluación continua</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Duración: 02:00</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>Diseño para mínimo ruido. Amplificadores balanceados. División/combinación.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
12			<p><b>Realización práctica de un caso.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Presentación de trabajos de evaluación continua</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Duración: 02:00</p>
13	<p><b>Introducción al análisis no lineal</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Generación de señal. Diseño de osciladores como redes de dos puertas. Diseño de osciladores como redes de una puerta.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
14	<p><b>Resistencia negativa. Criterios de estabilidad. Histéresis. Configuraciones de osciladores con transistores. Caracterización del ruido.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Presentación de trabajos de evaluación continua</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Duración: 02:00</p>
15				

16				
17				<b>Prueba final de conjunto (solo en caso de renuncia a la evaluación continua)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Duración: 03:00

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

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.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
6	Entrega de la memoria del laboratorio. Sesión 1.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	12%	2 / 10	CG4 CT3 CT4 CT5
8	Presentación de trabajos de evaluación continua	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	19%	2 / 10	CG4 CT3 CT4 CT5
9	Entrega de la memoria del laboratorio. Sesión 2.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	12%	2 / 10	CG4 CT3 CT4 CT5
10	Presentación de trabajos de evaluación continua	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	19%	2 / 10	CG4 CT3 CT4 CT5
12	Presentación de trabajos de evaluación continua	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	19%	2 / 10	CG4 CT3 CT4 CT5
14	Presentación de trabajos de evaluación continua	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	19%	2 / 10	CG4 CT3 CT4 CT5

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Prueba final de conjunto (solo en caso de renuncia a la evaluación continua)	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

Los estudiantes serán evaluados, por defecto, mediante evaluación continua. El estudiante que desee renunciar a la evaluación continua y optar a la evaluación por prueba final (formada por una o más actividades de evaluación global de la asignatura), deberá completar en el Moodle de la asignatura la tarea titulada "Renuncia a la evaluación continua" al menos cuatro semanas antes del último día de clases del horario oficial (la fecha concreta se anunciará en el Moodle).

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura. Por tanto, la evaluación mediante prueba final usará los mismos tipos de técnicas evaluativas que se usan en la evaluación continua (EX, ET, TG, etc.), y se realizarán en las fechas y horas de evaluación final aprobadas por la Junta de Escuela para el presente curso y semestre, salvo aquellas actividades de evaluación de resultados del aprendizaje de difícil calificación en una prueba final. En este caso, se podrán realizar dichas actividades de evaluación a lo largo del curso.

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

La evaluación continua se basa en la realización de diseños y de medidas en el laboratorio, que los alumnos realizarán 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.
- Las medidas de laboratorio y sus resultados se presentan en una memoria, que se corrige sin presentación pública.
- En el caso de grupos de tres o más alumnos la calificación de cada diseño y memoria de laboratorio se modula mediante los resultados de un formulario de evaluación entre pares.

El alumno que opte por la prueba final (y aquél que se presente a la convocatoria extraordinaria) deberá

enfrentarse a 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, así como llevar a cabo alguna de las medidas de laboratorio realizadas durante el curso.

## 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
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>