



## Grado de Ingeniería Electrónica de Comunicaciones

**Curso  
2024-2025**

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Circuitos de Alta Frecuencia</b>				<b>Código</b>	805980	
<b>Materia:</b>	Radiofrecuencia		<b>Módulo:</b>	Electrónica y Electromagnetismo			
<b>Carácter:</b>	Obligatorio		<b>Curso:</b>	3º	<b>Semestre:</b>	1º	
<b>Créditos (ECTS)</b>	6	<b>Teóricos</b>	3.5	<b>Problemas</b>	1.5	1	
<b>Presencial</b>	-		32 %		32 %	<b>Laboratorio</b>	70 %
<b>Horas Totales</b>			28		12		18

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Luis Ángel Tejedor Álvarez			<b>Dpto:</b>	EMFTEL
	<b>Despacho:</b>	03.219.B	<b>e-mail</b>	luistejedor@fis.ucm.es	

Grupo	Profesores	T/P*	Dpto.	e-mail
único	Luis Ángel Tejedor Álvarez	T/P	EMFTEL	luistejedor@fis.ucm.es

\*: T:teoría, P:prácticas

Grupo	Horarios de clases			Tutorías (lugar y horarios)
	Día	Horas	Aula	
único	M J	9:00-10:30 11:00-12:30	5	<b>Luis A. Tejedor:</b> Laboratorio 03.219.B, Sem. 1 y 2: L, 9:30-11:00; V, 11:00-12:30 <b>Gianluca Susi (gsusi@ucm.es):</b> Despacho 03.105.0, Semestre 1: M, J: 12:00-13:30, Semestre 2: L, 10:30-12:00; J, 11:30-13:00

(2.5h no pres.): Horas de tutoría no presenciales a través de correo, campus virtual, ...

**NOTA:** La asignatura del Plan 2012 equivalente a ésta, debido a la extinción del plan, sólo está abierta para evaluación. Esto implica que **no se imparte docencia** ni de la parte teórica ni de la de laboratorio. **Los estudiantes deben ponerse en contacto antes de matricularse con el responsable de la asignatura** para consultar los detalles sobre la evaluación de ambas partes, así como de otras actividades de evaluación continua.

Grupo	Horarios de laboratorio			
	Día	Horas	Lugar	Profesor
L1	X	15:00-17:00	Aula de Informática 1 y Laboratorio de Ingeniería Electrónica de Comunicaciones (03.210.0)	Luis Ángel Tejedor
L2	J	15:00-17:00		Gianluca Susi

### Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

- Comprensión y dominio de sistemas de transmisión de señales de alta frecuencia: propagación libre, líneas de transmisión y guías de onda.
- Capacidad para aplicar la teoría clásica de análisis de circuitos a los sistemas multi-conductores de transmisión de señales de alta frecuencia.
- Capacidad de analizar y diseñar redes multipuerta de radiofrecuencia.
- Destreza y habilidad para el diseño de osciladores y amplificadores de RF de bajo ruido y multietapa.
- Análisis y diseño de apantallamientos para problemas de compatibilidad electromagnética.

### Breve descripción de contenidos

Líneas de transmisión, coeficientes de reflexión, pérdidas. Adaptación de impedancias. Carta de Smith. Redes de microondas y parámetros S. Componentes. Filtros. Dispositivos de control. Amplificadores. Instrumentación de RF.

### Conocimientos previos necesarios

Electromagnetismo y Análisis de circuitos.

### Programa de la asignatura

#### 1. Líneas de Transmisión

Ondas de voltaje y corriente en el dominio del tiempo y de la frecuencia. Parámetros característicos de una línea de transmisión. Potencia. Diagrama de onda estacionaria. Impedancia.

#### 2. Líneas de Transmisión con Pérdidas

Teorema de Poynting. Pérdidas en dieléctricos y en conductores. Expresión de las pérdidas en los parámetros de la línea. Modelo circuital de la línea con pérdidas. Aproximación de bajas pérdidas. Potencia, impedancia y diagrama de onda estacionaria en la línea con pérdidas.

#### 3. Adaptación de Impedancias

Concepto de adaptación de impedancias. Diagrama de Smith. Adaptación con elementos discretos. Adaptación con stubs. Transformadores de  $\lambda/4$ . Adaptación en banda ancha.

#### 4. Parámetros S

Tensiones y corrientes equivalentes en guías. Ondas de potencia. Matriz S. Propiedades. Parámetros S de cuadripolos. Relaciones entre matrices de parámetros.

#### 5. Tecnología

Líneas de transmisión: coaxial, guía, microstrip, stripline, coplanar. Fabricación de PCBs. Conectores para RF. Continuidad de la masa. Componentes y efectos parásitos. MMICs. Técnicas de montaje y soldadura. Precauciones.

#### 6. Acopladores, divisores y otros dispositivos pasivos

Acopladores direccionales: Parámetros y matriz S. T híbrida. Acoplador de ramas. Acoplador direccional en anillo. Acoplador de líneas acopladas paralelas. Acoplador de

Lange. Divisor de Wilkinson. Circuitos equivalentes con elementos concentrados. Circuitadores. Aisladores.

### 7. Amplificadores

Amplificadores de RF comerciales y amplificadores con transistores. Transistores para microondas: FET, BJT, HBT, HEMT. Definiciones de ganancia y coeficientes de reflexión en amplificadores. Máxima Ganancia Disponible (MAG). Estabilidad: concepto, círculos de estabilidad y técnicas de estabilización. Realimentación. Diseño para MAG. Diseño para una ganancia específica. Diseño para bajo ruido. Diseño para banda ancha. Estructuras multietapa. Tubos de Microondas.

### 8. Conmutadores

Diodos Schottky y diodos PiN. Circuitos equivalentes. Pérdidas de inserción, aislamiento y tiempo de conmutación. Interruptores: topologías serie, paralelo y serie-paralelo. Conmutadores SPDT y SPMT. Drivers para diodos PiN. Conmutadores comerciales.

### Laboratorio

1. Introducción a Microwave Office. Simulación.
2. Diseño de circuitos reales con MW Office. Optimización.
3. MW Office: Librerías, parásitos, análisis de tolerancias y medidas.
4. Introducción a la instrumentación de microondas.
5. Medidas de Impedancias y parámetros S con el analizador vectorial de redes
6. Medidas de distorsión no lineal del amplificador ADL5535
7. Caracterización de acopladores direccionales, divisores y conmutadores
8. Estructuras balanceadas

### Bibliografía ordenada alfabéticamente

- M. Sierra, B. Galocha, J.L. Fernández, M. Sierra Castañer, "*Electrónica de Comunicaciones*", Pearson Educación, 2003
- R. E. Collin, "*Foundations for Microwave Engineering*", Wiley-IEEE Press, 2000.
- J.M. Miranda, "*Ingeniería de Microondas, Técnicas Experimentales*", Pearson Educación, 2002
- D. M. Pozar, "*Microwave engineering*". 4th ed. John Wiley, 2012.
- G.L. Matthaei, L. Young and E.M.T. Jones, "*Microwave Filters, Impedance Matching Networks and Coupling Structures*", Artech House, 1980.

### Recursos en internet

En Campus Virtual de la UCM: <https://www.ucm.es/campusvirtual>

Agilent Technologies, "*S parameter Design AN-154*",  
[https://www.hpmemoryproject.org/an/pdf/an\\_154.pdf](https://www.hpmemoryproject.org/an/pdf/an_154.pdf)

Minicircuits, "Application Notes and Webinars on RF components"  
[https://www.minicircuits.com/applications/application\\_notes.html](https://www.minicircuits.com/applications/application_notes.html)

Microsemi-Watertown, "The PiN diode circuit designers' handbook"  
[https://www.ieee.li/pdf/essay/pin\\_diode\\_handbook.pdf](https://www.ieee.li/pdf/essay/pin_diode_handbook.pdf)

Canal de Youtube UCM-ELEC Group.  
<https://www.youtube.com/@ucm-elecgroup230/featured>

### Metodología

En las lecciones de teoría y resolución de problemas se utilizará la pizarra y presentaciones de Microsoft Power Point.

Se suministrarán a los estudiantes series de enunciados de problemas con antelación a su resolución en la clase, publicados en el campus virtual. Los alumnos saldrán a la pizarra a resolverlos.

En algunos temas se propondrán trabajos individualizados de diseño de circuitos de microondas mediante las técnicas explicadas en clase.

Las prácticas de simulación se realizarán de forma individual, mientras que las de medidas en laboratorio serán por parejas. La organización de las prácticas se ajustará al volumen de matrícula.

### Evaluación

<b>1 examen escrito (<math>N_{\text{Parcial}}</math>)</b>	<b>Peso:</b>	30 %
Se realizará en horario de clase, sin libros ni apuntes, y consistirá en: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un problema de líneas de transmisión</li> <li>▪ Un problema de adaptación de impedancias con carta de Smith</li> </ul> Se puntúa de 0 a 10 puntos y es liberatorio. En caso de obtener menos de 5 puntos el examen parcial, será necesario recuperarlo en los exámenes finales de la convocatoria ordinaria o extraordinaria.		
<b>1 examen final (<math>N_{\text{final}}</math>)</b>	<b>Peso:</b>	25 %
Constará de 2 partes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un test</li> <li>• Problemas</li> </ul> Se puntúa de 0 a 10 puntos.		
<b>Entrega de diseños propuestos (D)</b>	<b>Peso:</b>	10 %
<b>Participación en clase (P)</b>	<b>Peso:</b>	5 %
<b>Prácticas (R)</b>	<b>Peso:</b>	30 %
Cada una se puntúa de 0 a 10 puntos. Se considerará la preparación previa, la calidad del informe, el envío del mismo dentro del plazo fijado, y el cumplimiento de los objetivos planteados. Se penalizará explícitamente la falta de puntualidad y el trato inadecuado del material. Como norma general, no se conservará la calificación del laboratorio de un curso para otro.		

### Calificación final

Si la nota media de los exámenes es superior a 4, la calificación final será:

$$C_{\text{Final}} = 0,3 \cdot N_{\text{parcial}} + 0,25 \cdot N_{\text{final}} + 0,1 \cdot D + 0,05 \cdot P + 0,3 \cdot R$$

La nota media de los exámenes se calcula manteniendo el mismo peso que tienen en la evaluación continua, es decir:

$$C_{\text{exámenes}} = 0,55 \cdot N_{\text{parcial}} + 0,45 \cdot N_{\text{final}}$$

En caso de que la nota media de los exámenes no llegue a 4, se tomará como calificación final la media de los exámenes ( $C_{Final} = C_{exámenes}$ ), dando lugar a un suspenso.

Para optar a Matrícula de Honor será imprescindible obtener una puntuación superior a 9 en  $C_{final}$ .

La calificación de la convocatoria extraordinaria se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.

Las calificaciones de los diseños, la participación en clase y las prácticas se guardan para la convocatoria extraordinaria. Excepcionalmente se habilitarán sesiones extraordinarias de recuperación de prácticas para quienes las tengan suspensas y hayan obtenido una calificación igual o superior a 4 en  $C_{exámenes}$ .