



## Guía docente 300031 - ERF - Ingeniería de RF

Última modificación: 06/06/2024

**Unidad responsable:** Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Aeroespacial de Castelldefels  
**Unidad que imparte:** 739 - TSC - Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones.

**Titulación:** GRADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN (Plan 2009). (Asignatura obligatoria).

**Curso:** 2024      **Créditos ECTS:** 10.5      **Idiomas:** Catalán, Castellano, Inglés

### PROFESORADO

---

**Profesorado responsable:** Definit a la infoweb de l'assignatura.

**Otros:** Definido en la infoweb de la asignatura.

### CAPACIDADES PREVIAS

---

Capacidad para trabajar con números complejos

### REQUISITOS

---

Prerequisito:

- Ondas Electromagnéticas en los Sistemas de Comunicaciones

### COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

---

#### Específicas:

- CE 23 SIS. Capacidad de análisis de componentes y sus especificaciones para sistemas de comunicaciones guiadas y no guiadas. (CIN/352/2009, BOE 20.2.2009)
- CE 24 SIS. Capacidad para la selección de circuitos, subsistemas y sistemas de radiofrecuencia, microondas, radiodifusión, radioenlaces y radiodeterminación. (CIN/352/2009, BOE 20.2.2009)

#### Genéricas:

7. USO EFICIENTE DE EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN - Nivel 3: Diseñar experimentos, medidas, subsistemas y sistemas, con los equipos y herramientas de laboratorio más adecuados. Conocer no solo las prestaciones, sino también las limitaciones de los equipos y recursos. Realizar diagnósticos y evaluaciones de forma crítica, tomando decisiones según las especificaciones globales del sistema o servicio.

#### Transversales:

- APRENDIZAJE AUTÓNOMO - Nivel 1: Llevar a cabo tareas encomendadas en el tiempo previsto, trabajando con las fuentes de información indicadas, de acuerdo con las pautas marcadas por el profesorado.
- TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, que será preferentemente inglés, con un nivel adecuado de forma oral y por escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán las tituladas y los titulados en cada enseñanza.
- TRABAJO EN EQUIPO - Nivel 1: Participar en el trabajo en equipo y colaborar, una vez identificados los objetivos y las responsabilidades colectivas e individuales, y decidir conjuntamente la estrategia que se debe seguir.
- USO SOLVENTE DE LOS RECURSOS DE INFORMACIÓN - Nivel 1: Identificar las propias necesidades de información y utilizar las colecciones, los espacios y los servicios disponibles para diseñar y ejecutar búsquedas simples adecuadas al ámbito temático.

## METODOLOGÍAS DOCENTES

En esta asignatura se introducen las técnicas de diseño de circuitos de alta frecuencia más habituales, en las diferentes tecnologías con las cuales se pueden fabricar, y en la nomenclatura que emplea la industria para definir sus prestaciones.

Con esta finalidad se impartirán clases magistrales apoyándose en ejercicios y prácticas experimentales de laboratorio. En clase y en el laboratorio se contará con el apoyo de un simulador profesional de análisis y diseño de circuitos de radiofrecuencia. Las clases de laboratorio consistirán principalmente en el diseño y simulación de circuitos de radiofrecuencia haciendo uso de los conocimientos teóricos impartidos en clase de teoría así como de notas de aplicación proporcionadas por los fabricantes. En el laboratorio los estudiantes harán informes sobre el trabajo que desarrollan, sirviéndoles para su tarea de autoestudio.

## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Al terminar la asignatura de Ingeniería de Radiofrecuencia, el estudiante debe ser capaz de:

- Conocer el principio de funcionamiento de dispositivos eléctricamente pequeños y de las principales redes que pueden diseñarse con ellos.
- Obtener las expresiones de la tensión y la corriente en una línea ideal a partir de una sección infinitesimal. Calcular la distribución de tensión y corriente (amplitudes complejas y en el dominio del tiempo) en una línea con generador y carga dados.
- Adaptar impedancias en líneas utilizando elementos concentrados, transformadores de impedancias de cuarto de onda, y secciones de líneas en cortocircuito y circuito abierto sabiendo explicar el proceso.
- Calcular la atenuación de una línea o cable a partir de sus parámetros elementales y calcular atenuaciones y pérdidas en sistemas en los que intervienen líneas.
- Operar con los parámetros de dispersión (parámetros S): conocer su definición, cómo se miden y cómo hacer cambios de planos de referencia. A partir de ellos se debe ser capaz de reconocer si se trata de un dispositivo activo o pasivo, y si conserva la potencia o tiene pérdidas.
- Calcular la matriz S de un bipuerto sencillo (secciones de línea y/o elementos concentrados serie o paralelo).
- Para redes de dos, tres y cuatro accesos: explicar su función en los sistemas, escribir sus matrices de parámetros S y resolver problemas elementales de circuitos (calcular pérdidas de retorno, pérdidas de inserción o ganancia, acoplamiento, directividad, aislamiento).
- Identificar las diferentes tecnologías de fabricación de circuitos de alta frecuencia (circuitos planares híbridos, monolíticos, circuitos en guía, MEMS...) i conocer sus posibilidades.
- Diseñar circuitos microtira a partir de unas especificaciones previas: filtros, multiplexores, divisores, acopladores direccionales, híbridos, conmutadores, mezcladores, amplificadores y osciladores.
- Conocer las características principales y emplear con soltura una herramienta profesional de diseño de circuitos de radiofrecuencia.
- Conocer las características de los equipos de medida usuales en un laboratorio de radiofrecuencia: analizador de espectro, analizador de redes vectorial, generadores de señal, etc.
- Entender el diagrama de bloques de un transceptor de RF habitual y conocer las técnicas más comunes de diseño de subsistemas.

## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	63,0	24.00
Horas aprendizaje autónomo	151,5	57.71
Horas grupo pequeño	48,0	18.29

**Dedicación total:** 262.5 h

## CONTENIDOS

### Introducción al diseño de circuitos distribuidos

**Descripción:**

Los puntos que se tratarán en este contenido son los siguientes:

- Líneas de transmisión
  - o Coeficiente de reflexión y carta de Smith
  - o Potencia y pérdidas
- Diseño de líneas de transmisión
  - o Líneas homogéneas e inhomogéneas
  - o Líneas balanceadas y no balanceadas
  - o Líneas acopladas
- Adaptación de impedancias con elementos concentrados y líneas de transmisión

**Actividades vinculadas:**

Actividad 1  
Actividad 2  
Actividad 3  
Actividad 4

**Dedicación:** 72h

Grupo grande/Teoría: 15h

Grupo pequeño/Laboratorio: 16h

Aprendizaje autónomo: 41h

### Caracterización de circuitos de microondas

**Descripción:**

Los puntos que se tratarán en este contenido son los siguientes:

- Parámetros para la caracterización, medida y simulación de circuitos de microondas: Z, Y, ABCD, y S
- Propiedades y medida de parámetros S
- Cálculo de parámetros S en circuitos de dos puertos
- Interconexión de redes de dos puertos
- Redes de dos puertos más frecuentes: atenuadores, amplificadores, aisladores y filtros
- Redes de tres o más puertos: divisores de potencia, acopladores direccionales, híbridos de 90° y 180°, circuladores

**Actividades vinculadas:**

Actividad 1  
Actividad 5

**Dedicación:** 55h 30m

Grupo grande/Teoría: 13h 30m

Grupo pequeño/Laboratorio: 8h

Aprendizaje autónomo: 34h

## Tecnologías de fabricación, instrumentación y CAD para aplicaciones de radiofrecuencia

### Descripción:

Los puntos que se tratarán en este contenido son los siguientes:

- Tecnologías de fabricación de dispositivos de radiofrecuencia
  - o Planares
  - o Guías y dieléctricos
  - o Electroacústicos
  - o Electroópticos
- Tipos de componentes. Encapsulado, tolerancias, modelos, etc
- Instrumentación de medida: analizador de espectro, analizador de redes vectorial, medidor de ruido, sintetizadores/generadores de señal, osciloscopios, medidores de potencia
- Software y protocolos de control de instrumentación de laboratorio
- Simuladores CAD para el diseño de circuitos de radiofrecuencia
  - o Simuladores por elementos concentrados
  - o Simuladores 2.5D (método de momentos)
  - o Simuladores 3D (frecuencia y tiempo)
  - o Multiphysics

### Actividades vinculadas:

Actividad 1

### Dedicación: 18h

Grupo grande/Teoría: 8h

Aprendizaje autónomo: 10h

## Dispositivos pasivos

### Descripción:

Los puntos que se tratarán en este contenido son los siguientes:

- Síntesis de elementos reactivos con líneas de transmisión
- Discontinuidades
- Diseño de componentes pasivos de dos puertos
  - o Resonadores
  - o Filtros y multiplexores
  - o Divisores
  - o Acopladores direccionales y híbridos
  - o Conmutadores
  - o Desfasadores
  - o Mezcladores
  - o Circuladores y aisladores
- Circuitos en guía

### Actividades vinculadas:

Actividad 1

Actividad 5

### Dedicación: 57h

Grupo grande/Teoría: 15h

Grupo pequeño/Laboratorio: 8h

Aprendizaje autónomo: 34h

### Dispositivos activos

**Descripción:**

Los puntos que se tratarán en este contenido son los siguientes:

- Dispositivos amplificadores
  - o Amplificadores de bajo ruido
  - o Amplificadores de potencia
- Osciladores
  - o Osciladores de RF
  - o Osciladores de microondas

**Actividades vinculadas:**

Actividad 1  
Actividad 6

**Dedicación:** 60h

Grupo grande/Teoría: 11h 30m  
Grupo pequeño/Laboratorio: 16h  
Aprendizaje autónomo: 32h 30m

## ACTIVIDADES

### Actividades en el aula

**Descripción:**

Son actividades que se finalizarán y revisarán en la aula, intercaladas en las exposiciones del profesor. Se trata de pequeños problemas que ayudarán a comprender las explicaciones del profesor. Algunos de estos problemas se resolverán en grupo, y otros, individualmente.

**Objetivos específicos:**

- To use the concepts explained during the lectures by making the students participate actively.
- To solve doubts about the practical application of the concepts explained during the lectures.
- To observe how the students follow the learnings.

**Material:**

Enunciados de los problemas proporcionados por el profesor.

**Entregable:**

Evaluación en el control de ejercicios.

**Dedicación:** 42h

Grupo grande/Teoría: 13h 30m  
Aprendizaje autónomo: 28h 30m

### Iniciación al CAD de circuitos de radiofrecuencia

**Descripción:**

Iniciación al software de diseño y caracterización de dispositivos de radiofrecuencia.

**Objetivos específicos:**

- Conocer las características principales y manejar con soltura una herramienta profesional empleada para el análisis y el diseño de circuitos de radiofrecuencia
- Conocer los tipos de análisis posibles
  - o Lineales: DC, AC, parámetros S
  - o No lineales: Transient, Harmonic Balance, Circuit Envelope
  - o Estadístico

**Material:**

Manual de apoyo del software que se empleará en el laboratorio.

**Entregable:**

Evaluación durante el control de laboratorio.

**Dedicación:** 8h

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h

Aprendizaje autónomo: 4h

### Modelado de líneas de transmisión con CAD de radiofrecuencia

**Descripción:**

Representación, caracterización y comportamiento equivalente de líneas de transmisión en función de su longitud eléctrica con software profesional de simulación de circuitos de radiofrecuencia.

**Objetivos específicos:**

- Caracterización de líneas mediante sus fasores de tensión y corriente.
- Impedancia de entrada de una línea de transmisión acabada en circuito abierto o en cortocircuito en función de su longitud eléctrica.

**Material:**

Enunciados de las actividades prácticas.

**Entregable:**

Evaluación durante el control de laboratorio.

**Dedicación:** 8h

Grupo pequeño/Laboratorio: 4h

Aprendizaje autónomo: 4h



### Adaptación de impedancias

**Descripción:**

Diseño de redes de adaptación con elementos concentrados y con líneas de transmisión haciendo uso de un software profesional de radiofrecuencia.

**Objetivos específicos:**

- Adaptación de una antena a un transeptor haciendo uso de una red de adaptación de impedancias realizable en tecnología microtira con elementos concentrados montados en superficie.
- Diseño de la red de adaptación de impedancias empleando stubs.

**Material:**

Enunciados de las actividades prácticas.

**Entregable:**

Evaluación durante el control de laboratorio.

**Dedicación:** 16h

Grupo pequeño/Laboratorio: 8h

Aprendizaje autónomo: 8h

### Diseño de dispositivos pasivos

**Descripción:**

Diseño de dispositivos pasivos en tecnología microtira y haciendo uso de software profesional de radiofrecuencia.

**Objetivos específicos:**

- Diseñar circuitos microtira híbridos pasivos a partir de unas especificaciones previas: divisor de potencia, acoplador direccional, resonador y filtro.
- Conocer los factores limitantes impuestos durante la realización práctica de los diseños.

**Material:**

Enunciados de las actividades prácticas.

**Entregable:**

Evaluación durante el control de laboratorio.

**Dedicación:** 32h

Grupo pequeño/Laboratorio: 16h

Aprendizaje autónomo: 16h

### Diseño de dispositivos activos

**Descripción:**

Diseño de dispositivos activos en tecnología microtira y haciendo uso de software profesional de radiofrecuencia.

**Objetivos específicos:**

- Diseño y caracterización de un amplificador de bajo ruido.
- Caracterización de un mezclador haciendo uso del análisis de balance armónico.

**Material:**

Enunciados de las actividades prácticas.

**Entregable:**

Evaluación durante el control de laboratorio.

**Dedicación:** 16h

Grupo pequeño/Laboratorio: 8h

Aprendizaje autónomo: 8h



### Integración y revisión

**Descripción:**

Integración de los diseños de prácticas anteriores en un transceptor. Revisión de conceptos.

**Objetivos específicos:**

- Integración de dispositivos diseñados por separado.
- Determinación de prestaciones del sistema integrado.

**Material:**

Enunciados de las actividades prácticas.

**Entregable:**

Evaluación durante el control de laboratorio.

**Dedicación:** 16h

Aprendizaje autónomo: 8h

Grupo pequeño/Laboratorio: 8h

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Definido en la infoweb de la asignatura.

## NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

Se requerirá una calculadora científica que incluya la operación de números complejos.

El uso de teléfonos móviles está prohibido en todas las pruebas de evaluación-

## BIBLIOGRAFÍA

**Básica:**

- Pozar, David M. Microwave engineering [en línea]. 3rd ed. New York [etc.]: John Wiley & Sons, 2005 [Consulta: 05/12/2022]. Disponible a : <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=2064708>. ISBN 0471448788.
- Bará Temes, Javier. Circuits de microones amb línies de transmissió [en línea]. Barcelona: Edicions UPC, 1993 [Consulta: 15/04/2020]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2099.3/36162>. ISBN 8476533381.
- Collin, Robert E. Foundations for microwave engineering. 2nd student ed. New York: IEEE : Wiley-Interscience, [2012]. ISBN 9788126515288.

**Complementaria:**

- González, Guillermo. Microwave transistor amplifiers : analysis and design. 2nd. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1997. ISBN 0132543354.
- Hong, Jia-Shen G.; Lancaster, M. J. Microstrip filters for RF/Microwave applications. New York [etc.]: John Wiley & Sons, 2001. ISBN 047138877.
- Ramo, Simon; Whinnery, John R.; Van Duzer, Theodore. Fields and waves in communication electronics. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. ISBN 0471305782.
- Pozar, David M. Microwave and RF wireless systems. New York [etc.]: John Wiley & Sons, 2001. ISBN 0471322822.

## RECURSOS

**Otros recursos:**

Notas de aplicación

Manuales