

# Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación 30334 - Tecnologías de radiofrecuencia

Guía docente para el curso 2013 - 2014

Curso: 3, Semestre: 1, Créditos: 6.0

---

## Información básica

---

### Profesores

- **Pedro Luis Carro Ceballos** plcarro@unizar.es

- **Jesús De Mingo Sanz** mingo@unizar.es

### Recomendaciones para cursar esta asignatura

La asignatura será impartida por profesorado del Área de Teoría de la Señal y Comunicaciones del Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones.

Para seguir con normalidad esta asignatura es recomendable que el alumno que quiera cursarla haya cursado previamente, además de las asignaturas de formación básicas, las asignaturas de formación de la rama común de telecomunicación *teoría de la comunicación, comunicaciones digitales, propagación y medios de transmisión y electrónica analógica*.

Por otro lado se recomienda al alumno la asistencia activa a clase (tanto de teoría como de problemas). Del mismo modo se recomienda al alumno el aprovechamiento y respeto de los horarios de tutorías del profesorado para la resolución de posibles dudas de la asignatura y un correcto seguimiento de la misma. Además, la asignatura presenta un porcentaje de contenido práctico para cuya evaluación la asistencia es obligatoria.

### Actividades y fechas clave de la asignatura

La asignatura se imparte en el primer semestre del tercer curso de la titulación con un total de 6 créditos ECTS dentro del itinerario de Sistemas de Telecomunicación. Las actividades principales de la misma se dividen en clases teóricas, resolución de problemas o supuestos prácticos en clase, prácticas de laboratorio y la realización de seminarios y trabajos tutelados relacionados con contenidos relativos al diseño de un transmisor o receptor para un estándar de comunicaciones actual o cualquier sistema que utilice las bandas y tecnologías de RF. Esta distribución tiene como objetivo fundamental facilitar la comprensión y asimilación de todo aquel conjunto de conceptos que permitan cubrir las competencias a adquirir por esta asignatura y su relación con las telecomunicaciones. Por último existirá una prueba global dividida en dos partes, una parte teórica consistente en un test de respuesta múltiple y una prueba basada en problemas o supuestos prácticos. Estas dos pruebas promediarán con las prácticas de laboratorio desarrolladas a lo largo del curso. Para más detalles relativos al sistema de evaluación consultar el apartado destinado para tal fin en esta guía docente.

Las fechas de inicio y finalización del curso y las horas concretas de impartición de la asignatura así como las fechas de realización de las prácticas de laboratorio e impartición de seminarios se harán públicas atendiendo a los horarios fijados por

## Inicio

---

### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

#### El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...

- 1:**  
RA1- Sabe identificar los diagramas de bloques y los parámetros característicos de los emisores y receptores así como los subsistemas que los componen desde el punto de vista de Teoría de Señal y Comunicaciones.
- 2:**  
RA2- Conoce la importancia de la transferencia de potencia en los sistemas en cascada.
- 3:**  
RA3- Entiende la importancia de la adaptación de impedancia y sus efectos en un sistema de telecomunicación.
- 4:**  
RA4- Domina y entiende la diferencia entre la utilización de parámetros concentrados respecto a la utilización de líneas de transmisión en función de tecnologías y frecuencias.
- 5:**  
RA5- Comprende la arquitectura de un receptor (homodino,superheterodino...).
- 6:**  
RA6- Sabe caracterizar los aspectos básicos de un receptor (ruido, sensibilidad, no-linealidades, rango dinámico libre de espúreo en un sistema de telecomunicación).
- 7:**  
RA7- Domina plenamente las técnicas de adaptación de impedancias en parámetros concentrados en baja frecuencia (hasta 2 GHz) incluyendo técnicas multisección para aumentos de ancho de banda.
- 8:**  
RA8- Sabe entender el funcionamiento de acopladores con elementos discretos y es capaz de diseñarlos.
- 9:**  
RA9- Sabe entender el funcionamiento de un divisor en parámetros concentrados y es capaz de diseñarlo.
- 10:**  
RA10- Comprende el funcionamiento de los filtros y sus procesos de diseño básicos en parámetros concentrados incluyendo el uso de herramientas CAD.
- 11:**  
RA11- Entiende el funcionamiento de los filtros duplexores para un sistema de telecomunicación.
- 12:**  
RA12- Conoce y comprende el funcionamiento de dispositivos activos en un sistema de transmisión así como los parámetros que los caracterizan en un sistema desde el punto de vista de Teoría de la Señal y Comunicaciones.
- 13:**  
RA13- Domina los procesos de polarización de dispositivos activos así como sus posibles redes de estabilidad y de adaptación para el diseño de amplificadores lineales y de bajo ruido y sus efectos en un sistema de telecomunicación.
- 14:**  
RA14- Domina los procesos de polarización de dispositivos activos así como sus posibles redes de estabilidad y de adaptación para el diseño de amplificadores de potencia y sus efectos en un sistema de telecomunicación.

- 15:** RA15- Conoce los parámetros básicos que describen el funcionamiento de un oscilador y sus efectos en un sistema de comunicaciones.
- 16:** RA16- Sabe interpretar los parámetros que describen el funcionamiento de un mezclador y sus efectos en un sistema de comunicaciones.
- 17:** RA17- Domina los aspectos relacionados con la síntesis de frecuencia y PLLs
- 18:** RA18- Sabe interpretar los parámetros que describen el funcionamiento de un modulador y demodulador IQ y sus efectos en un sistema de comunicaciones.
- 19:** RA19 - Sabe diseñar y evaluar las prestaciones previsibles de una cadena transmisora y receptora incluyendo elementos no lineales desde el punto de vista de un sistema de telecomunicación.
- 20:** RA20- Sabe aplicar los conceptos asimilados en la identificación de aplicaciones y sistemas radio.
- 21:** RA21- Conoce la problemática asociada a las interferencias en canales adyacentes y sus posibles soluciones desde el punto de vista de un sistema de telecomunicación.
- 22:** RA22- Conoce de forma descriptiva las técnicas de linealización de amplificadores de potencia.
- 23:** RA23- Conoce los aspectos básicos asociados a la Ingeniería de Software-Radio.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La asignatura *Tecnologías de Radiofrecuencia* se corresponde con una asignatura Obligatoria dentro del Itinerario o Tecnología Específica de Sistemas de Telecomunicación. En concreto, forma parte de la materia de *Tecnologías de Transmisión de la Información* constituida por otras asignaturas cuyo objetivo es que el estudiante adquiera competencias relacionadas con los procedimientos, arquitecturas y dispositivos propios de los equipos de comunicaciones actuales. En la asignatura se pretende dar al estudiante una visión de los distintos sistemas que utilizan las bandas propias de RF, identificar y analizar las características de los componentes de los circuitos de comunicaciones y presentar las técnicas de diseño de los sistemas transmisores y receptores más sencillos de una cadena de radiofrecuencia. Todo ello se complementará con un conjunto de prácticas de laboratorio y seminarios con el fin de afianzar los aspectos básicos presentados en las clases de teoría.

---

## Contexto y competencias

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

**La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

La asignatura *Tecnologías de Radiofrecuencia (RF)* tiene por objeto introducir al alumno en los aspectos relacionados con sistemas y dispositivos de RF asociados a los sistemas de comunicaciones. Para tal fin el conjunto de objetivos fundamentales se pueden resumir en:

Comprender y utilizar los conceptos básicos de los circuitos y señales empleados en radiocomunicaciones y comunicaciones móviles, radionavegación, tecnologías inalámbricas y tecnologías que empleen radiofrecuencias.

Conocer, seleccionar y saber diseñar los dispositivos activos y pasivos que intervienen en los subsistemas de RF así como identificar sus limitaciones.

Analizar, sintetizar y elegir arquitecturas sencillas de transmisión y recepción de RF para aplicaciones específicas en base a las especificaciones y peculiaridades propias de los sistemas de telecomunicación con más demanda en la actualidad.

Conocer y aplicar técnicas de tratamiento de la señal en etapas de RF en problemas específicos asociados a las tecnologías de radiofrecuencia (linealización, distorsión, ruido...) así como comprender el concepto de *Software radio*.

## **Contexto y sentido de la asignatura en la titulación**

La asignatura *Tecnologías de Radiofrecuencia* facilitará al alumno el conocimiento de las características de los diferentes circuitos, dispositivos y procesamiento de señal para diseñar sistemas y subsistemas de RF. Este conocimiento permitirá al alumno llevar a una dimensión práctica los conceptos teóricos adquiridos sobre sistemas y señales de comunicaciones, es decir, permitirá la construcción de arquitecturas y diseñar y seleccionar los dispositivos adecuados para la transmisión y recepción de la información de una forma óptima utilizando radiofrecuencia.

La asignatura dentro de la titulación mantiene una relación directa con asignaturas básicas previas por su necesidad para poder realizar un seguimiento normal de la misma, como se ha comentado en el apartado de recomendaciones para cursar la asignatura. Además, en esta asignatura se profundiza en los aspectos básicos relacionados con la transmisión de información utilizando el canal radio, ya iniciados en la asignatura de propagación y medios y de transmisión, completando e iniciando al estudiante en los aspectos tecnológicos relevantes de uno de los mecanismos más utilizados en los sistemas de comunicaciones actuales. En este sentido, forma parte del trinomio constituido por la transmisión en el rango de ondas milimétricas (Fundamentos de alta frecuencia) y las comunicaciones utilizando principios ópticos (Dispositivos y sistemas de transmisión ópticas).

La asignatura se puede entender como requisito necesario para poder hacer un seguimiento adecuado de asignaturas que se verán posteriormente en el itinerario de sistemas de telecomunicación, como pueden ser:

Servicios y sistemas de Telecomunicación

Fundamentos de alta frecuencia

Sistemas de radiocomunicación

Equipos y sistemas de transmisión

## **Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

- 1:** Combinar los conocimientos generalistas y los especializados de Ingeniería para generar propuestas innovadoras y competitivas en la actividad profesional (C3).

- 2: Resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico (C4).
- 3: Comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en castellano (C5)
- 4: Usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la misma (C6)
- 5: Analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas actuando con ética, responsabilidad profesional y compromiso social (C7)
- 6: Trabajar en un grupo multidisciplinar y en un entorno multilingüe (C8)
- 7: Gestionar la información, manejo y aplicación de las especificaciones técnicas y la legislación necesarias para la práctica de la Ingeniería (C9)
- 8: Aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo (C10)
- 9: Aplicar las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Ingeniería (C11)
- 10: Analizar componentes y sus especificaciones para sistemas de comunicaciones guiadas y no guiadas. (CST3)
- 11: Seleccionar de circuitos, subsistemas y sistemas de radiofrecuencia, microondas, radiodifusión, radioenlaces y radiodeterminación. (CST4)
- 12: Seleccionar antenas, equipos y sistemas de transmisión, propagación de ondas guiadas y no guiadas, por medios electromagnéticos, de radiofrecuencia u ópticos y la correspondiente gestión del espacio radioeléctrico y asignación de frecuencias. (CST5)

### **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

La comprensión básica de la asignatura Tecnologías de Radiofrecuencia, así como de los principios y métodos en los que esta materia se sustenta, es totalmente imprescindible para el ejercicio de las competencias de un graduado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación con la especialidad en Sistemas de Telecomunicación. Todo el conjunto de capacidades adquiridas en esta asignatura le inician en la comprensión y el diseño de arquitecturas y equipos de telecomunicación con gran demanda en la actualidad (sistemas inalámbricos, radiodifusión, radiodeterminación, telefonía móvil) así como ciertas características propias de la información (señal) que estos utilizan.

Los conceptos y técnicas desarrollados en esta asignatura facilitarán la comprensión e interpretación de las tecnologías de transmisión de la información en lo referente a la radiofrecuencia (RF). La necesidad de acomodación de la señal de información al canal de propagación y medio de transmisión implica no sólo conocer los aspectos clave relacionados con los transductores, emisores y receptores asociados al canal radio sino que además se requiere la habilidad de diseñar los dispositivos físicos junto con su adecuada interconexión e integración. Adicionalmente, la asignatura pretende sentar las bases y conceptos indispensables para el desarrollo de equipos básicos de transmisión que serán útiles en posteriores asignaturas impartidas en dicho título, como se ha comentado en el apartado de Contexto y Sentido de la Asignatura en la Titulación.

Igualmente, adquiere gran importancia la formación práctica recibida tanto en las sesiones de problemas como en el laboratorio y en los seminarios y trabajos supervisados propuestos.

---

## **Evaluación**

---

## Actividades de evaluación

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

**1:**

El alumno dispondrá de una prueba global en cada una de las convocatorias establecidas a lo largo del curso. Las fechas y horarios vendrán determinadas por la Escuela. La calificación de dicha prueba se obtendrá de la siguiente forma:

- Un examen formado por dos partes, una parte teórica constituida por un test de respuesta múltiple (las respuestas incorrectas penalizarán como  $1/(N-1)$  siendo N el nº de posibles respuestas) y una segunda parte formada por un conjunto de problemas o supuestos prácticos. Este examen tendrá un peso del 80% de la nota global distribuida en un 25% para la prueba tipo test y un 55% para los problemas.

- Un conjunto de prácticas y trabajos (desarrolladas en más detalle dentro del apartado de actividades de aprendizaje programadas dentro de esta misma guía docente) cuyo peso sobre la nota global es de un 20% (10% prácticas de laboratorio, 10% trabajo con tutoría en grupo).

Para superar la asignatura es condición necesaria aprobar las dos partes anteriores por separado.

Se recomienda encarecidamente el seguimiento y evaluación continuada a lo largo del curso del desarrollo de las prácticas y trabajos. Los alumnos que no realicen las prácticas y trabajo a lo largo del curso se someterán a un examen en el laboratorio para conseguir la nota correspondiente de esa parte de la asignatura.

EVALUACIÓN GRADUAL LIBERATORIA DE LA PARTE DE TEORÍA:

A lo largo del curso se realizarán unas pruebas teóricas de tipo test de respuesta múltiple similares a la de la prueba global y con el nº de preguntas equivalente a la parte proporcional respecto a los temas de la asignatura. Acabado el curso el alumno podrá liberar la parte de teoría de la prueba global con la nota obtenida en la evaluación gradual si así lo desea. También podrá presentarse a la parte de teoría del examen de la prueba global guardándose la mejor de las dos notas (entre la gradual y la de la convocatoria a la que se presente).

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

1. Clases magistrales participativas (40 horas) en las que se presentan los fundamentos teóricos del contenido de la asignatura y en las que se propicia la participación del alumnado. Esta actividad se realizará en el aula de forma presencial. Se combinarán la presentación de material bibliográfico previamente entregado al alumno (o depositado en los medios informáticos facilitados por la Universidad para tal fin) como el uso de pizarra para su correcto seguimiento.
2. Clases de problemas y casos prácticos de aula (10 horas) en las que se realizan resolución de problemas y casos prácticos propuestos por el profesor de los fundamentos presentados en las clases magistrales, con posibilidad de exposición de los mismos por parte de los alumnos de forma individual o en grupos autorizada por el profesor. Esta actividad se realizará en el aula de forma presencial.
3. Prácticas de laboratorio (10 horas) en las que los alumnos realizarán 5 sesiones de prácticas de 2 horas de duración en los Laboratorio de Prácticas L.3.06 (Laboratorio de Alta Frecuencia) y L.2.02 del Edificio Ada Byron. En grupos pequeños, se realizan una serie prácticas en las cuales se utilizarán equipos específicos relacionados con los sistemas de RF, así como software específico de simulación de sistemas de comunicaciones, que permitan consolidar el conjunto de conceptos teóricos desarrollados a lo largo de las clases magistrales. Esta actividad se realizará en el Laboratorio de forma presencial.
4. Realización de un trabajo práctico en grupo, y tutorizado por el profesor, basado en los contenidos de la asignatura y relacionado con el diseño de un subsistema sencillo de transmisión o recepción de RF. Asistencia a seminarios relacionados con la mencionada temática con la posibilidad de la participación de Invitados Externos a los mismos (6 horas).
5. Atención personalizada al alumno a través de las tutorías.

## **Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)**

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

**1:**

**Bloque 0. (2 horas de Teoría). Introducción a los Sistemas de Radiofrecuencia.** Panorama de la asignatura. Subsistemas de Radiofrecuencia.

### **Bloque 1: Análisis de sistemas básicos de RF**

*Tema 1. Front-ends de RF (5 horas Teoría+ 2 h de Problemas.)*

- I.1 Sistemas transmisores
- I.2 Sistemas receptores
- I.3.La señal de RF: revisión de herramientas matemáticas.
- I.4 Distorsión lineal y no lineal
- I.5 Ruido en equipos de RF.

*Tema 2. Sincronización y Modulación. (5 h Teorías +2 h de Problemas) (P 2 h.)*

- II.1 PLL (lazos enganchados en fase)
- II.2 Sintetizadores de frecuencia.
- II.3 Moduladores y demoduladores.

### **Bloque 2. Dispositivos de RF.**

*Tema 3. (3 horas Teoría+ 1 de Problemas) Dispositivos y elementos constitutivos de circuitos de RF.*

- III.1 Elementos concentrados. Efectos en RF.
- III.2 Diodos de RF

### III.3 Transistores de RF

*Tema 4. (9 h Teoría + 2 de problemas.) Circuitos pasivos de RF.*

IV.1 Adaptación de impedancias

IV.2 Filtros pasivos de RF

IV.3 Otros dispositivos pasivos.

*Tema 5. (10 h Teoría+3 de problemas.) Circuitos activos de RF*

V.1 Introducción.

V.2 Amplificadores de RF

V.3 Osciladores de RF

V.4 Mezcladores de RF

### **Bloque 3. Técnicas Digitales en RF: Introducción al Software Radio**

*Tema 6. (6 h.). Introducción al Software Defined radio (SDR) y al tratamiento de la señal en sistemas de RF.*

VI.1. Introducción

VI.2. Arquitecturas con Software Defined Radio

VI.3 Arquitecturas de Receptores

VI.4 Transmisores flexibles y amplificadores de potencia.

VI.5 Linearización de transmisores para SDR.

## **2:** PROGRAMACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO Y SEMINARIOS

### **Prácticas de Laboratorio:**

*Bloque 1. Diseño asistido por ordenador de subsistemas y dispositivos de RF*

- Introducción a MWO/ADS. Diseño de Filtros y duplexores de RF.
- Diseño de un amplificador lineal de banda estrecha (driver) y un amplificador de potencia. (incluye las redes de adaptación con concentrados)
- Diseño de un oscilador y mezclador de RF.



## *Bloque 2. Caracterización de Hardware de RF.*

- Caracterización de un amplificador de RF. Caracterización de un VCO. Efectos no lineales (productos de intermodulación).
- Conversión en frecuencia. Análisis y medida en recepción de un mezclador.

### **Seminarios y Trabajos supervisados (con tutoría)**

- Seminarios de Introducción al diseño a nivel de sistema mediante ADS/ System Vue. .
- Planteamiento del diseño y desarrollo en grupos de alumnos de transmisor o receptor simple de RF para una aplicación concreta (telefonía móvil, radiodeterminación, RFID, etc...) que verifique la normativa ETSI correspondiente al estándar de comunicaciones concreto.

## **Planificación y calendario**

### **Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos**

A lo largo del cuatrimestre se realizará la siguiente distribución de actividades:

- Sesiones semanales de clases magistrales integradas con clases de problemas.
- 5 sesiones de prácticas de laboratorio, en grupos reducidos, de 2 horas de duración desarrolladas en los Laboratorios de Alta Frecuencia (L3.06) y Laboratorio de Señales y Sistemas (L2.02) situados en la tercera y segunda plantas del Edificio Ada Byron del Campus Río Ebro.
- 3 sesiones de introducción al diseño a nivel de sistema en ADS y SystemVue y planteamiento del trabajo práctico de 2 horas de duración emplazadas en forma de Seminarios.

Los horarios de tutoría de trabajos serán flexibles y se fijarán a conveniencia entre los alumnos y el profesorado.

En cualquier caso, las clases magistrales y de problemas se imparten según el horario establecido por la Escuela, así como las sesiones de prácticas de laboratorio, debiendo el alumno, en este último caso, optar por apuntarse en uno de los grupos que haya disponibles.

## **Bibliografía y recursos**

- M. Sierra Pérez, B. Galocha, J.L. Fernandez y M. Sierra Castañer, "Electrónica de Comunicaciones", Editorial Prentice Hall. 2003.

- D. M. Pozar, "Microwave and RF wireless systems", John Wiley & Sons, 2001.
- R. Sorrentino, "Microwave and RF engineering", John Wiley & Sons, 2010.
- M. Steer, "Microwave and RF design: a systems approach", SciTech, 2010.
- HERNANDO RÁBANOS J. M "Transmisión por radio" 6ª ed. Madrid : Editorial Universitaria Ramón Areces, 2008

Del mismo modo, y atendiendo a los soportes digitales facilitados por la Universidad de Zaragoza, se suministrará a los alumnos matriculados en la asignatura el acceso a un conjunto de NOTAS DE CLASE y COLECCIÓN DE PROBLEMAS elaborados por los profesores encargados.

## **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**

- 1. Electrónica de comunicaciones / Manuel Sierra Pérez... [et al.] Madrid [etc.] : Prentice Hall, D.L. 2003
- 2. Pozar, David M.. Microwave and RF wireless systems / D. M. Pozar John Wiley & Sons, 2001
- 3. Sorrentino, R. Microwave and RF engineering / R. Sorrentino John Wiley & Sons, 2010
- 4. Steer, M. Microwave and RF design: a systems approach / M. Steer SciTech, 2010
- 5. Hernando Rábanos, José María. Transmisión por radio / José María Hernando Rábanos . - 3a. ed. Madrid : Centro de Estudios Ramón Areces, 1998