

## Máster en Ingeniería de Telecomunicación 60940 - Ingeniería de alta frecuencia

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 2.5

---

### Información básica

---

#### Profesores

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

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

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Conocer y utilizar los mecanismos y modelos básicos asociados a la propagación de ondas electromagnéticas guiadas y radiadas.

Conocer y manejar adecuadamente las técnicas básicas de diseño de antenas y los parámetros que las describen adquiridas en la asignatura de Diseño de antenas y sistemas de radiocomunicaciones.

Conocer el funcionamiento de los transmisores y receptores de RF y microondas y de algunos circuitos de Alta frecuencia (filtros, divisores, acopladores, circuladores, amplificadores).

Conocer los aspectos básicos de las técnicas de tratamiento de señal para comunicaciones y Comunicaciones Avanzadas.

#### Actividades y fechas clave de la asignatura

La asignatura se imparte en el primer semestre del primer curso de la titulación con un total de 2.5 créditos ECTS y con un carácter optativo. Las actividades principales de la misma se basan fundamentalmente en un aprendizaje basado en pequeños proyectos de laboratorio, alternando con algunas clases teóricas y trabajos tutelados. Esta distribución tiene como objetivo 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 tecnologías de alta frecuencia aplicadas en comunicaciones. Por último existirá una prueba global dividida en dos partes. Un examen final de evaluación de los contenidos teórico/prácticos, en el que se evaluará el nivel de comprensión de los conceptos teóricos y la competencia en la resolución de problemas o supuestos prácticos, y un examen final de evaluación de los contenidos tratados en las prácticas de laboratorio y en los trabajos tutelados. Esta prueba global, junto con la evaluación continua de los mencionados trabajos tutelados y las prácticas de laboratorio, constituye la evaluación de la asignatura. 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 diversas actividades a desarrollar se harán públicas una vez que la Universidad y la Escuela hayan aprobado el calendario académico.

---

# Inicio

---

## Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

- 1:**  
**R1.** Comprende y utiliza algunas de las técnicas de optimización aplicadas al diseño de dispositivos radiantes, activos o pasivos en rango de las ondas milimétricas y submilimétricas y de radiofrecuencia.
- 2:**  
**R2.** Conoce algunos métodos computacionales básicos aplicados al diseño de dispositivos de alta frecuencia usuales en los sectores Aeroespacial, Defensa y de comunicaciones móviles.
- 3:**  
**R3.** Domina las técnicas de análisis y síntesis de algunas estructuras de alta frecuencia avanzadas y su aplicación específica.
- 4:**  
**R4.** Conoce, comprende y utiliza los métodos diseño de transmisores avanzados de alta eficiencia de RF y microondas.
- 5:**  
**R5** Entiende los procesos de medida y utiliza la instrumentación de alta frecuencia adecuada para obtener medidas experimentales de los parámetros que caracterizan los dispositivos de RF y microondas.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La asignatura amplía los resultados de aprendizaje de la materia "Señales y Comunicaciones", que engloba las asignaturas obligatorias con las que está más relacionada. Tiene un carácter optativo.

"Ingeniería de Alta Frecuencia" consta de 2.5 créditos ECTS, que se distribuyen en sesiones presenciales de prácticas de laboratorio y algunas clases teóricas basadas en el aprendizaje en proyectos, trabajos prácticos tutelados, actividades de trabajo personal del estudiante y sesiones de evaluación.

Se pretende dar al estudiante una visión especializada en los aspectos más relevantes de los métodos de análisis y diseño de dispositivos radiantes, activos y pasivos de alta frecuencia aplicados en sistemas de radionavegación, comunicaciones móviles, radar y satélite, con especial énfasis en las técnicas computacionales y experimentales.

Esta asignatura permitirá al alumno conocer técnicas avanzadas para el diseño óptimo global de estructuras y circuitos de alta frecuencia de complejidad media-alta extendiendo la capacidad de los métodos analíticos básicos habituales que presentan una limitación obvia para diseñar dispositivos cuyas prestaciones dependen de un gran número de parámetros de diseño o para los cuales a menudo no hay una descripción fenomenológica adecuada. Debido a estas limitaciones, la aplicación de los métodos computacionales para la resolución de problemas es prácticamente obligatoria para el diseño de circuitos avanzados, por lo que se pretenderá exponer algunos de los métodos de simulación habituales y aplicarlos a problemas de diseño, así como los criterios específicos más demandados en la actualidad, como la eficiencia energética, la linealidad, la reconfigurabilidad.

Finalmente, se introducirán las técnicas experimentales en la Ingeniería de Alta Frecuencia que completarán la etapa de modelado y CAD, para verificar el funcionamiento adecuado de los dispositivos diseñados y realizar una diagnosis de los modelos empleados.

---

## 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:

El objetivo general de esta asignatura es que el alumno conozca los elementos, modelos y métodos de análisis y diseño de los sistemas de alta frecuencia actuales, partiendo de los conocimientos adquiridos en las materias propias del Máster, y con el objetivo de desarrollar las capacidades fundamentales para profundizar y extender esos métodos a las numerosas aplicaciones que estas técnicas tienen en el ámbito de la Ingeniería de Telecomunicación.

En el contexto de los sistemas avanzados de alta frecuencia, destaca el análisis y modelado computacional rápido y preciso de estructuras cada vez más complejas en tamaño, que estén optimizadas respecto a varios parámetros que dependen de la aplicación específica. Así mismo, se presentarán las técnicas de optimización relativamente recientes aplicadas al campo de la Ingeniería de Alta frecuencia, con el objetivo de perseguir diseños que maximicen o minimicen parámetros habituales que determinan las prestaciones de los sistemas transmisores y receptores de microondas. Se pretende que el alumno conozca los dominios de aplicación y las ventajas e inconvenientes de la aplicación de dichas técnicas a problemas concretos.

Otro de los aspectos de los que tratará la asignatura será iniciar al alumno en el estudio desde el punto de vista no lineal de los sistemas transmisores para maximizar la eficiencia y linealidad, con especial énfasis en los elementos de amplificación de potencia.

## Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura tiene una gran relevancia en lo que compete a las aplicaciones de la Ingeniería de Telecomunicación en el sector Aeroespacial y en los sistemas de comunicaciones móviles y radiodifusión de última generación.

Complementa parte de la materia denominada "Señales y Comunicaciones", que cubre competencias obligatorias dentro de la titulación del máster en Ingeniería de Telecomunicación.

Los resultados de aprendizaje de esta asignatura aportan una visión de las técnicas computacionales y experimentales avanzadas de la ingeniería de alta frecuencia proporcionando al alumno la visión más práctica que éste necesita sobre el diseño de dispositivos y arquitecturas de RF, milimétricas y submilimétricas aplicados a las tecnologías de telecomunicación.

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

- 1:  
**CB6:** Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- 2:  
**CB7:** Los estudiantes sabrán aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- 3:  
**CB8:** Los estudiantes serán capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- 4:  
**CB9:** Los estudiantes sabrán 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.
- 5:  
**CB10:** Los estudiantes poseerán las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
- 6:  
**CG1:** Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería de telecomunicación.
- 7:  
**CG4:** Capacidad para el modelado matemático, cálculo y simulación en centros tecnológicos y de ingeniería

de empresa, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Ingeniería de Telecomunicación y campos multidisciplinares afines.

- 8:**  
**CG7:** Capacidad para la puesta en marcha, dirección y gestión de procesos de fabricación de equipos electrónicos y de telecomunicaciones, con garantía de la seguridad para las personas y bienes, la calidad final de los productos y su homologación.
- 9:**  
**CG11:** Capacidad para saber comunicar (de forma oral y escrita) las conclusiones- y los conocimientos y razones últimas que las sustentan- a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- 10:**  
**CG12:** Poseer habilidades para el aprendizaje continuado, autodirigido y autónomo.
- 11:**  
**CE2:** Capacidad para desarrollar sistemas de radiocomunicaciones: diseño de antenas, equipos y subsistemas, modelado de canales, cálculo de enlaces y planificación.
- 12:**  
**CE3:** Capacidad para implementar sistemas por cable, línea, satélite en entornos de comunicaciones fijas y móviles.
- 13:**  
**CE5.** Capacidad para diseñar sistemas de radionavegación y de posicionamiento, así como los sistemas radar.
- 14:**  
**CE13:** Capacidad para aplicar conocimientos avanzados de fotónica y optoelectrónica, así como electrónica de alta frecuencia.
- 15:**  
**CE14:** Capacidad para desarrollar instrumentación electrónica, así como transductores, actuadores y sensores.

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

La comprensión de las técnicas de Ingeniería de Alta Frecuencia es altamente recomendable para el ejercicio de las competencias de un Ingeniero de Telecomunicación, por lo que las capacidades adquiridas en esta asignatura serán de gran utilidad para su formación, en tanto que fomenta la actitudes para abordar problemas complejos tanto computacional como experimentalmente.

Igualmente, adquiere gran importancia la formación recibida en los trabajos tutelados realizados a lo largo del curso, pues promueven la aplicación práctica de los contenidos teóricos en los que se sustenta la asignatura y el análisis crítico de los resultados obtenidos tanto en campo como en simulaciones.

---

## **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 de las pruebas vendrán determinadas por la Escuela. La calificación de dicha prueba se obtendrá de la siguiente forma:
- Un examen final (EF) formado por una parte teórica y una segunda parte de problemas o supuestos

prácticos. Este examen tendrá un peso del 30% de la nota global, puntuada de 0 a 10 puntos. Se trata de una prueba escrita que puede incluir tanto la resolución de problemas como preguntas teóricas y prácticas. Mediante esta prueba se evalúan todos los resultados de aprendizaje definidos para la asignatura.

Para superar la asignatura es necesaria una puntuación mínima de 4,5 puntos sobre 10 en esta prueba.

**2:**

Un conjunto de prácticas y trabajos tutelados cuyo peso sobre la nota global es de un 70% (30% prácticas de laboratorio (PL), 40% trabajo tutelado con tutoría en grupo (TT)).

- TT: Trabajos tutelados (40%). Puntuación de 0 a 10 puntos. Los trabajos tutelados que deberán ser llevados a cabo por cada alumno durante el curso serán evaluados a través de las memorias presentadas por los alumnos y de las sesiones de seguimiento en las que el alumno expondrá de forma oral el trabajo realizado y responderá a las cuestiones que se le planteen por parte del profesor.
- PL: Prácticas de laboratorio (30%). Puntuación de 0 a 10 puntos. Las prácticas de laboratorio, que deberán ser llevados a cabo por cada alumno durante el curso, serán evaluadas a través de las memorias presentadas por los alumnos y/o de forma oral.

La obtención de una calificación igual o superior a 4,5 puntos tanto en TT como en PL eximirá al alumno de realizar las pruebas finales prácticas. Los alumnos que no alcancen esta calificación deberán realizar la prueba final de trabajos tutelados y/o la prueba final de prácticas de laboratorio.

**3:**

Para aprobar la asignatura se requieren 5 puntos sobre 10 en la nota final. En resumen, la nota final se calculará mediante la siguiente expresión:

$0,3 \times EF + 0,4 \times TT + 0,3 \times PL$  ; siempre que se cumplan las tres condiciones siguientes:

$(0,3 \times EF + 0,4 \times TT + 0,3 \times PL) \geq 5$  y  $EF \geq 4,5$   $TT \geq 4,5$   $PL > 4,5$

Si no se cumplen las condiciones anteriores, en la nota final figurará suspenso, con la calificación numérica obtenida a partir de la expresión:

$\min(((0,3 \times EF + 0,4 \times TT + 0,3 \times PL), 4,5))$ .

Las notas TT y PL obtenidas a lo largo de la evolución del curso se mantendrán para su cómputo en la siguiente convocatoria del mismo año académico. No se guardarán las notas del examen final de la prueba global de la primera convocatoria para la segunda convocatoria.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

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

Las metodologías de enseñanza-aprendizaje que se realizarán para conseguir los resultados de aprendizaje propuestos son las siguientes:

**Clase magistral participativa.** Exposición por parte del profesor de los principales contenidos de la asignatura, combinada con la participación activa del alumnado. Esta actividad se realizará en el aula, o en el propio Laboratorio de Prácticas dependiendo del número de alumnos matriculado, de forma presencial. Esta metodología, apoyada con el estudio individual del alumno está diseñada para proporcionar a los alumnos los fundamentos teóricos del contenido de la asignatura

**Clases de problemas en el aula (7 horas).** Resolución de problemas y casos prácticos propuestos por el profesor, 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, o en el propio Laboratorio de Prácticas dependiendo del número de alumnos matriculado, de forma presencial, y puede exigir trabajo de preparación por parte de los alumnos.

**Realización de trabajos de prácticas de laboratorio (18 horas).** Esta actividad es presencial, de carácter obligatorio, y permitirá avanzar en todos los resultados de aprendizaje propuestos

**Realización de trabajos prácticos tutelados.** Esta actividad no presencial, de carácter obligatorio, permitirá avanzar en todos los resultados de aprendizaje propuestos. Se realizarán sesiones de seguimiento por parte del profesor en las que cada alumno presentará el trabajo realizado.

**Atención personalizada al alumno a través de las tutorías**

**Pruebas de evaluación.** Conjunto de pruebas teórico-prácticas y presentación de informes o cuestionarios utilizados en la evaluación del progreso del estudiante. El detalle de la evaluación se encuentra en la sección correspondiente a las actividades de evaluación.

## 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:** **Sesiones teórico/prácticas** en el laboratorio y ocasionalmente en el aula, cuyos contenidos principales se organizan en las siguientes unidades temáticas:

### **Bloque 0. Introducción.**

- Presentación de la asignatura.
- Conocimientos básicos requeridos

### **Bloque I. Antenas de Alta Frecuencia**

### **Bloque II. Dispositivos Pasivos de Alta Frecuencia**

### **Bloque III. Dispositivos Activos de Alta Frecuencia**

**2:** **Trabajo práctico de laboratorio** consistente en modelado matemático, cálculo y simulación y medida de los subproyectos propuestos en los bloques anteriores.

**3:** **Trabajo práctico tutelado** que consiste en un trabajo de simulación de un dispositivo/subsistema de alta frecuencia (RF o microondas) a elegir entre varios propuestos, comparar los resultados de la simulación con lo que predice la teoría, validarlos experimentalmente (en la medida de lo posible), y extraer conclusiones. Además de la correcta simulación y respuesta a las preguntas planteadas, se valorará la interpretación de los resultados y las conclusiones extraídas, así como la presentación oral en clase en su caso.

## Planificación y calendario

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

El calendario de la asignatura, en concreto las horas presenciales en aula (25 horas), estará definido por el centro en el calendario académico del curso correspondiente.

Las fechas para la realización y seguimiento de los trabajos prácticos y otras actividades programadas se indicarán con suficiente antelación por parte del profesor.

## Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- Antenas / Angel Cardama Aznar ... [et al.] . - 2ª ed., reimp. Barcelona : UPC, 2005
- Balanis, Constantine A.. Antenna theory : analysis and design / Constantine A. Balanis . - 2nd ed. New York [etc.] : John Wiley, cop. 1997

- Colantonio, P.. High Efficiency RF and Microwave Solid State Power Amplifiers / P. Colantonio, F. Giannini, E. Limiti John Wiley and Sons, 2009
- Electromagnetic Optimization by Genetic Algorithms / Yahya Rahmat-Samii (Editor), Eric Michielssen (Editor) John Wiley and Sons, 1999
- Haupt, Randy L.. Genetic Algorithms in Electromagnetics / Randy L. Haupt, Douglas H. Werner John Wiley and Sons,2007
- Numerical techniques for Microwave and Millimeter-Wave Passive Structures / T. Itoh John Wiley and Sons, 1989
- Pedro, J.C.. Intemodulation Distortion in Microwave and Wireless Circuits / J. C. Pedro, N.B. Carvalho Artech House, 2003
- Rohde, Ulrich L.. RF/Microwave Circuits Design For Wireless Applications / Ulrich L. Rohde, David P. Newkirk John Wiley and Sons, 2004
- Uher, J.. Waveguide Components for Antenna Feed Systems: Theory and CAD / J. Uher, J. Bornemann, U. Rosenberg Artech House, 1993