



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

**95000035 - Radiacion y Propagacion**

### PLAN DE ESTUDIOS

09TT - Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios 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.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	14

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	95000035 - Radiacion y Propagacion
<b>No de créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Quinto semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	09TT - Grado en Ingenieria de Tecnologias y Servicios 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>
Miguel Alejandro Salas Natera	C-411	miguel.salas@upm.es	Sin horario. Sin horario. Concertar cita por correo electrónico.
Jose Luis Fernandez Jambrina	C-419	j.fdez.jambrina@upm.es	Sin horario. Sin horario. Concertar cita por correo electrónico.

Manuel Sierra Castañer (Coordinador/a)	C-410	manuel.sierra@upm.es	Sin horario. Sin horario. Concertar cita por correo electrónico.
Belen Galocha Iraguen	C-410	belen.galocha@upm.es	Sin horario. Sin horario. Concertar cita por correo electrónico.
Ramon Martinez Rodriguez- Osorio	C-411	ramon.martinez@upm.es	Sin horario. Sin horario. 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
Ortiz Gomez, Flor De Guadalupe	fdg.ortiz@upm.es	Salas Natera, Miguel Alejandro
Tamayo Dominguez, Adrian	a.tamayo@upm.es	Sierra Castañer, Manuel
Rodriguez Varela, Fernando	f.rodriguez@upm.es	Galocha Iraguen, Belen

## 3. Conocimientos previos recomendados

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Electromagnetismo
- Campos Y Ondas En Telecomunicacion
- Analisis Y DiseÑo De Circuitos

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado en Ingenieria de Tecnologias y Servicios de Telecomunicacion no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CECT1 - Capacidad para aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas adecuados para la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas y servicios de telecomunicación

CECT2 - Capacidad de utilizar aplicaciones de comunicación e informáticas (ofimáticas, bases de datos, cálculo avanzado, gestión de proyectos, visualización, etc.) para apoyar el desarrollo y explotación de redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación y electrónica.

CECT3 - Capacidad para utilizar herramientas informáticas de búsqueda de recursos bibliográficos o de información relacionada con las telecomunicaciones y la electrónica

CECT4 - Capacidad de analizar y especificar los parámetros fundamentales de un sistema de comunicaciones

CECT5 - Capacidad para evaluar las ventajas e inconvenientes de diferentes alternativas tecnológicas de despliegue o implementación de sistemas de comunicaciones, desde el punto de vista del espacio de la señal, las perturbaciones y el ruido y los sistemas de modulación analógica y digital

CECT8 - Capacidad para comprender los mecanismos de propagación y transmisión de ondas electromagnéticas y acústicas, y sus correspondientes dispositivos emisores y receptores

CG1 - Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio

CG12 - Organización y planificación

CG2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio

CG3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética

CG5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender

estudios posteriores con un alto grado de autonomía

CG9 - Uso de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA532 - Conocimiento de los principales tipos de antenas, sus especificaciones básicas y sus funciones.

RA533 - Comprensión del fenómeno electromagnético de radiación

RA531 - Conocimiento de los parámetros fundamentales de antenas y propicio de unas, y su integración en sistemas de comunicaciones.

RA534 - Comprensión de los Modelos físicos de propagación de ondas

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Esta asignatura pretende dar una visión básica y general del fenómeno de radiación electromagnética, definiendo por una parte los parámetros básicos que se utilizan para especificar dicha radiación y presentando por otra los tipos de antenas más comúnmente utilizados. Se introducen también los modelos físicos de propagación de las ondas electromagnéticas en los distintos entornos en que tiene lugar la comunicación por ondas de radio.

### 5.2. Temario de la asignatura

#### 1. Definición y Fundamentos de Antena

- 1.1. Introducción y definición de antena
- 1.2. Tipos de antenas y bandas de frecuencia de radio
- 1.3. Fundamentos de radiación y propagación.
- 1.4. Distribución de corriente y teorema de Poynting.
- 1.5. Potenciales retardados.
- 1.6. Radiación de un elemento de corriente.
- 1.7. Campos radiados por una antena: condición de campo lejano.

#### 2. Parámetros básicos de transmisión y recepción.

- 2.1. La antena como elemento circuital: parámetros de impedancia.
- 2.2. Diagramas de radiación de una antena.
- 2.3. Intensidad de radiación. Directividad y ganancia de una antena.
- 2.4. Polarización de una antena.
- 2.5. Ancho de banda.
- 2.6. La antena en recepción.
- 2.7. Fórmula de Friis: propagación en espacio libre.
- 2.8. Ruido captado por una antena.
3. Propagación de ondas en medio natural.
  - 3.1. Influencia del medio en la propagación.
  - 3.2. Propagación por onda de espacio: efectos del suelo y la troposfera.
  - 3.3. Propagación en entornos rurales, suburbanos y urbanos.
  - 3.4. Propagación en interiores.
4. Introducción a antenas lineales y antenas de apertura
  - 4.1. Dipolos eléctricos.
  - 4.2. Balunes.
  - 4.3. El monopolio sobre un plano conductor.
  - 4.4. Dipolos paralelos a un plano conductor.
  - 4.5. Otros tipos de antenas de hilo: cuadros, hélices y rómbicas.
  - 4.6. Antenas Yagi
  - 4.7. Campo radiado por una apertura
  - 4.8. Introducción a antenas de bocina
  - 4.9. Introducción a antenas reflectoras
  - 4.10. Introducción a arrays de antenas

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	Actividades de evaluación
1	<b>Tema 1: Introducción y definición de antena. Tipos de antena y bandas de frecuencia de radio</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Tema 1: Fundamentos de radiación y propagación. Distribución de corriente y teorema de Poynting. Potenciales retardados. Radiación de un elemento de corriente. Campos radiados por una antena: condición de campo lejano.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Ejercicio posible de evaluación continua</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Duración: 00:00
3	<b>Tema 1: Problemas.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Tema 2: La antena como elemento circuital: parámetros de impedancia. Diagramas de radiación de una antena.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Ejercicio posible de evaluación continua</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Duración: 00:00
4	<b>Tema 2: Intensidad de radiación. Directividad y ganancia de una antena.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 2: Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			<b>Ejercicio posible de evaluación continua</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Duración: 00:00
5	<b>Tema 2: La antena en recepción.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Ejercicio posible de evaluación continua</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Duración: 00:00
6	<b>Tema 2: Fórmula de Friis. Propagación en espacio libre.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 2: Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			<b>Ejercicio posible de evaluación continua</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Duración: 00:00



7	<b>Tema 2: Ruido de antena.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Ejercicio posible de evaluación continua</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Duración: 00:00
8	<b>Tema 2: Problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			<b>Ejercicio 1 de evaluación continua</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Duración: 08:00
9	<b>Tema 3: Influencia del Medio en la propagación. Mecanismos de propagación: introducción a la propagación por onda de superficie y propagación por onda ionosférica.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Ejercicio posible de evaluación continua</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Duración: 00:00
10	<b>Tema 3: Onda de espacio.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Ejercicio posible de evaluación continua</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Duración: 00:00
11	<b>Tema 3: Propagación en entornos rurales, suburbanos y urbanos. Propagación en interiores.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 3: Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			<b>Evaluación temas 1 y 2</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 01:00
12	<b>Tema 3: Problemas</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Tema 4: Antenas lineales</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Ejercicio posible de evaluación continua</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Duración: 00:00
13	<b>Tema 4: Campo radiado por una apertura. Bocinas.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Ejercicio posible de evaluación continua</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Duración: 00:00
14	<b>Tema 4: Antenas reflectoras y Agrupaciones de antenas.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Entrega 2 de evaluación continua</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Duración: 08:00  <b>Evaluación temas 3 y 4</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 01:00
15				
16				
17				<b>Examen final</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
2	Ejercicio posible de evaluación continua	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	1%	0 / 10	CG5
3	Ejercicio posible de evaluación continua	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	1%	0 / 10	CG5
4	Ejercicio posible de evaluación continua	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	1%	0 / 10	CG5
5	Ejercicio posible de evaluación continua	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	1%	0 / 10	CG5
6	Ejercicio posible de evaluación continua	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	1%	0 / 10	CG5
7	Ejercicio posible de evaluación continua	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	1%	0 / 10	CG5
8	Ejercicio 1 de evaluación continua	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	08:00	7.5%	0 / 10	CG9 CG12 CECT1 CECT2 CECT3 CECT5 CECT8 CG1 CG2 CG3 CG5
9	Ejercicio posible de evaluación continua	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	1%	0 / 10	CG5

10	Ejercicio posible de evaluación continua	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	1%	0 / 10	CG5
11	Evaluación temas 1 y 2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	40%	3 / 10	CEPT1 CEPT4 CEPT5 CEPT8 CG1 CG2 CG3 CG5
12	Ejercicio posible de evaluación continua	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	1%	0 / 10	CG5
13	Ejercicio posible de evaluación continua	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	1%	0 / 10	CG5
14	Entrega 2 de evaluación continua	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	08:00	7.5%	0 / 10	CG9 CG12 CEPT1 CEPT2 CEPT3 CEPT4 CEPT5 CEPT8 CG1 CG2 CG5
14	Evaluación temas 3 y 4	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	40%	3 / 10	CEPT1 CEPT4 CEPT5 CEPT8 CG1 CG2 CG3 CG5

### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG9 CG12 CEPT1 CEPT2 CEPT3 CEPT4 CEPT5 CEPT8 CG1 CG2 CG3 CG5

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen con apartado de teoría y de problemas sobre los conceptos adquiridos a lo largo del curso.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	100%	5 / 10	CG9 CG12 CECT1 CECT2 CECT3 CECT4 CECT5 CECT8 CG1 CG2 CG3 CG5

## 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 comunicarlo a través de la aplicación moodle de la asignatura antes de 1 mes después de comenzadas las clases .

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.), aunque las actividades de evaluación por prueba final se concentran 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 podrá realizarse de las siguientes maneras:

1. Evaluación continua, que será la media ponderada de:

a. Dos controles con un valor del 40% cada uno. El primer control será para los temas 1 y 2 y el segundo para los temas 3 y 4. Los dos parciales ser realizarán durante el curso (uno en la semana 11 y otro en la semana 14). Para poder aprobar por curso es necesario obtener un mínimo de 3 en cada parcial.

b. Una serie de pruebas a lo largo del curso que supondrán el 15% de la calificación, y que consistirán en resolución de ejercicios en plataformas web.

c. 10% para actividades en el aula: por ejemplo, resolución de ejercicios en la pizarra, pequeños controles, trabajo individual o en grupo en el aula. Cada profesor realizará esta evaluación en su grupo.

Debido a que la suma de los tres conceptos es 105%, si algún alumno obtiene más de 100%, la nota será un 10.

2. Solo Examen final: el examen final será el día indicado al efecto y será sobre 10 puntos. El examen final valorará las mismas competencias que la evaluación continua y consistirá en una prueba escrita con problemas y preguntas teóricas.

Los alumnos que suspendan la evaluación continua podrán presentarse al examen final. En este caso solo se tendrá en cuenta la nota del examen final. Si algún alumno aprobado se presentara al examen final, se mantendrá la mejor nota entre evaluación continua y el examen final.

El examen extraordinario será equivalente al examen final, con una prueba escrita formada por problemas y preguntas de teoría.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Radiación y Propagación	Bibliografía	"Radiación y Propagación". Manuel Sierra Castañer. J.L. Besada Sanmartín, L. De Haro Ariet. Julio 2004. ETSI Telecomunicación. Universidad Politécnica de Madrid.
Antenas	Bibliografía	"Antenas". Ángel Cardama, Lluís Jofre, Juan Manuel Rius, Jordi Romeu, Sebastián Blanch Edicions UPC 1993, 1998 y 2002.
Antennas for all applications	Bibliografía	"Antennas. For All Applications". J. D. Kraus. R. J. Marhefka. McGraw Hill. 3rd edition. 2002
Radio Wave Propagation	Bibliografía	"Radio Wave Propagation". J. Griffiths. Prentice Hall Int. 1987
Antenna Theory. Analysis and Design	Bibliografía	"Antenna Theory. Analysis and Design". Constatine Balanis John Wiley & Sons 1982 y 1997
Antenna Theory and Design	Bibliografía	"Antenna Theory and Design". W.L. Stutzman Wiley. 1981 y 2001
Antennas and Radiowave Propagation	Bibliografía	"Antennas and Radiowave Propagation". Robert E. Collin Mc Graw-Hill. 1985
Plataforma moodle	Recursos web	Moodle de Radiación y Propagación.
Plataforma on-line para ejercicios Internet	Recursos web	Disponible en <a href="http://www.gr.ssr.upm.es/rdpr">www.gr.ssr.upm.es/rdpr</a>

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Esta asignatura es de carácter técnico. Los ejercicios se plantearán para contribuir a los ODS, en particular y principalmente:

Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.