



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería y Sistemas  
de Telecomunicación

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**595320327 - Transmision Y Propagacion De Ondas**

### PLAN DE ESTUDIOS

59ET - Doble Grado En Ing.Electronica De Comunicaciones Y En Ing.Telematica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	12

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	595320327 - Transmision y Propagacion de Ondas
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Quinto curso
<b>Semestre</b>	Noveno semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	59ET - Doble Grado en Ing.electronica de Comunicaciones y en Ing.telematica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	59 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieria Y Sistemas De Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2021-22

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Jose Maria Rodriguez Martin (Coordinador/a)	D8417	josemaria.rodriguez.martin@upm.es	Sin horario.
Ignacio Gomez Revuelto	D8413	ignacio.gomezr@upm.es	Sin horario.
Vicente Gonzalez Posadas	D8201A	vicente.gonzalez@upm.es	Sin horario.

Jose Luis Jimenez Martin	D8415	joseluis.jimenez@upm.es	Sin horario.
Cesar Briso Rodriguez	D8416	cesar.briso@upm.es	Sin horario.

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

### 3. Conocimientos previos recomendados

---

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

- Algebra Lineal
- Calculo Ii
- Electromagnetismo Y Ondas
- Propagacion De Ondas
- Calculo I

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

El plan de estudios Doble Grado en Ing.electronica de Comunicaciones y en Ing.telematica no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

#### 4.1. Competencias

CE SC03 - Capacidad de análisis de componentes y sus especificaciones para sistemas de comunicaciones guiadas y no guiadas.

CE SC05 - Capacidad para la selección de 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.

CE TEL03 - Capacidad para utilizar herramientas informáticas de búsqueda de recursos bibliográficos o de información relacionada con las telecomunicaciones y la electrónica.

CE TEL09 - Capacidad para comprender los mecanismos de propagación y transmisión de ondas electromagnéticas y acústicas, y sus correspondientes dispositivos emisores y receptores.

CG 02 - Capacidad de búsqueda y selección de información, de razonamiento crítico y de elaboración y defensa de argumentos dentro del área.

CG 04 - Capacidad de abstracción, de análisis y de síntesis y de resolución de problemas.

CG 05 - Capacidad de trabajo en equipo y en entornos multidisciplinares.

CG 13 - Habilidades de aprendizaje con un alto grado de autonomía.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA533 - Diseñar y caracterizar circuitos y subsistemas de alta frecuencia

RA537 - Interpretar las técnicas utilizadas en circuitos y subsistemas de alta frecuencia

RA535 - Interpretar los mecanismos de propagación de ondas electromagnéticas en medios confinados: guías conductoras y fibra óptica

RA534 - Comprender y manejar las técnicas de adaptación de impedancias

RA538 - Manejo de la instrumentación utilizada en tecnologías de alta frecuencia y microondas

RA536 - Caracterizar las líneas de transmisión mediante sus parámetros electromagnéticos

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

En la presente asignatura se buscan dos objetivos principales. El primero consiste en el asentamiento de los conceptos básicos sobre líneas de transmisión y dar a conocer las distintas formas de adaptación que existen. Como segundo objetivo se pretende, partiendo como base de las ecuaciones de Maxwell, realizara el estudio de la propagación de las ondas electromagnéticas en diferentes tipos de estructuras guiadas: guías conductoras, guías dieléctricas y

fibra óptica. Estos conocimientos se reafirmarán de forma práctica en el laboratorio.

## 5.2. Temario de la asignatura

### 1. Líneas de transmisión

- 1.1. Introducción
- 1.2. Circuito equivalente de las líneas de transmisión
- 1.3. Parámetros primarios de las líneas de transmisión
- 1.4. Ecuaciones de las líneas de transmisión
- 1.5. Parámetros secundarios de las líneas de transmisión
- 1.6. Ecuaciones hiperbólicas de las líneas de transmisión
- 1.7. Líneas de transmisión con y sin pérdidas
- 1.8. Pérdidas en la línea
- 1.9. Ejemplos de líneas de transmisión: cable coaxial y línea microtira
- 1.10. Diagrama de Smith
- 1.11. Adaptación de impedancias

### 2. Parámetros S

- 2.1. Análisis de cuadripolos
- 2.2. Ondas de potencia
- 2.3. Matriz de parámetros S
- 2.4. Interpretación y significado

### 3. Guías conductoras

- 3.1. Ecuaciones de Maxwell en el dominio de la frecuencia
- 3.2. Ecuación de ondas en el dominio de la frecuencia
- 3.3. Introducción a las ondas electromagnéticas guiadas
- 3.4. Estudio electromagnético de las líneas de transmisión: Modos TEM
- 3.5. Estudio de las guías conductoras comunes: guía rectangular y circular
- 3.6. Clasificación de las soluciones de la ecuación de ondas: modos TE y modos TM
- 3.7. Velocidades de ondas

- 3.8. Potencia y energía
- 3.9. Pérdidas. Constante de atenuación
- 3.10. La guía conductora como línea de transmisión
- 3.11. Cavidades resonantes: rectangular y cilíndrica
- 4. Guías dieléctricas y fibra óptica
  - 4.1. Aplicación de las leyes de Snell. Ángulo crítico
  - 4.2. Estructura de la guía dieléctrica plana
  - 4.3. Teoría de rayos y modos
  - 4.4. Guía dieléctrica plana simétrica
  - 4.5. Estructura y clasificación de las fibras ópticas
  - 4.6. Fibra de salto de índice
  - 4.7. Fibra de índice gradual
- 5. Práctica 1. Estudio de las líneas de transmisión en el dominio del tiempo
- 6. Práctica 2. Técnicas de medida en microondas. Utilización de programas de simulación
- 7. Práctica 3. Parámetros S
- 8. Práctica 4. Medida de la permitividad eléctrica de la placa
- 9. Práctica 5. Adaptación de impedancias en banda estrecha (I)
- 10. Práctica 6. Adaptación de impedancias en banda estrecha (II)
- 11. Práctica 7. Adaptación de impedancias en banda ancha
- 12. Práctica 8. Estudio de guías

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Tema 1</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Tema 1</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
2	<b>Tema 1</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 1</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Tema 1</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Práctica 1</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
3	<b>Tema 1</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 2</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Tema 1</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Práctica 2</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
4	<b>Tema 1</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 3</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Tema 1</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Práctica 3</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
5	Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Práctica 4</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Práctica 4</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
6	Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Práctica 4</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Práctica 4</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	



7	<b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 5</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Práctica 5</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Examen parcial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
8	<b>Tema 3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 5</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Tema 3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Práctica 5</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
9	<b>Tema 3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 6</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Tema 3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Práctica 6</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
10	<b>Tema 3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 6</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Tema 3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Práctica 6</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
11	Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Práctica 7</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Práctica 7</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
12	<b>Tema 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 7</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Tema 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Práctica 7</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	<b>Examen parcial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
13	Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Práctica 8</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Práctica 8</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	

14				
15				
16				
17				<p><b>Examen parcial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p> <p><b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p> <p><b>Entrega de memorias de las prácticas</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 02:00</p> <p><b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 02:00</p>

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 derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 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
7	Examen parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	6%	5 / 10	CG 04 CE SC03 CE SC05 CE TEL09
12	Examen parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	6%	5 / 10	CG 04 CE SC03 CE SC05 CE TEL09
17	Examen parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	6%	5 / 10	CG 04 CE SC03 CE SC05 CE TEL09
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	42%	5 / 10	
17	Entrega de memorias de las prácticas	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	02:00	40%	5 / 10	CG 02 CG 04 CG 05 CG 13 CE SC03 CE TEL03 CE TEL09

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Entrega de memorias de las prácticas	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	02:00	40%	5 / 10	CG 02 CG 04 CG 05 CG 13 CE SC03 CE TEL03 CE TEL09

17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	60%	5 / 10	CG 04 CE SC03 CE SC05 CE TEL09
----	--------------	-------------------------------------	------------	-------	-----	--------	---

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Entrega de memorias de las prácticas	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	02:00	40%	5 / 10	
Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	60%	5 / 10	

## 7.2. Criterios de evaluación

Evaluación continua:

La parte de teoría de la asignatura se evalúa mediante tres exámenes parciales y un examen final. Cada examen parcial vale el 10% y el examen final vale el 70% de la nota de teoría

La parte de laboratorio se evalúa mediante la elaboración de los informes correspondientes de las prácticas realizadas

La nota final se calcula dando un peso del 60% a la parte de teoría y un 40% a la parte de laboratorio

Para aprobar la asignatura es necesario obtener 5 puntos sobre 10 tanto en la parte de teoría como en la parte de laboratorio

Evaluación mediante sólo prueba final:

La parte de teoría de la asignatura se evalúa mediante un examen final.

La parte de laboratorio se evalúa mediante la elaboración de los informes correspondientes de las prácticas realizadas

La nota final se calcula dando un peso del 60% a la parte de teoría y un 40% a la parte de laboratorio

Para aprobar la asignatura es necesario obtener 5 puntos sobre 10 tanto en la parte de teoría como en la parte de laboratorio

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
D.M. Pozar. Microwave Engineering. 4th edition. Ed. Wiley. 2011	Bibliografía	
S. Ramo, J.R. Whinnery and T. Van Duzer. Fields and Waves in Communication Electronics. Ed. John Wiley & Sons. New York, 1984.	Bibliografía	
D.K. Cheng. Fundamentos de Electromagnetismo para Ingeniería. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana. Washington, Delaware, 1996.	Bibliografía	
C.T.A. Johnk. Teoría electromagnética. Principios y aplicaciones. Ed. John Wiley & Sons. 1994.	Bibliografía	
F.T. Ulaby, E. Michielsen and U. Ravaioli. Fundamentals of Applied Electromagnetics 6th edition. Ed. Pearson. 2010.	Bibliografía	
C.A. Balanis. Advanced Engineering Electromagnetics Ed. John Wiley & Sons. New York, 1989.	Bibliografía	
J. M. Senior. Optical Fiber Communications. Principles and Practice. 2nd edition. Ed. Prentice-Hall. 1992.	Bibliografía	

Laboratorio de Transmisión y Propagación de Ondas	Equipamiento	Ordenadores, software de simulación, analizador de redes, fuentes de alimentación
--	--------------	--

## 9. Otra información

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

La situación sanitaria causada por la pandemia COVID-19 obliga a restringir el aforo de las aulas y por ello se ha decidido que el modelo de docencia de este semestre sea híbrido o mixto. Se establecerán turnos de presencialidad dentro de los grupos, de forma que cada semana un turno asistirá a clase en el aula (columna "actividad en el aula" del cronograma), mientras el resto de los turnos se conectarán a la clase de forma telemática (columna "tele-enseñanza"). Y cada semana será un turno diferente el que acuda al aula. Si cambian las condiciones sanitarias y se pudieran impartir clases presenciales con normalidad, todos los estudiantes acudirán a las aulas a recibir las clases indicadas en la columna "actividad en el aula". Si, por el contrario, empeoraran las condiciones sanitarias, todos los alumnos pasarían a conectarse a las clases en remoto de la columna "tele-enseñanza".

Si es necesario recurrir a la tele-enseñanza se utilizará la plataforma Teams (y/o la que se recomiende por las autoridades académicas) tanto para teoría como para laboratorio en el mismo horario que el asignado a la asignatura. En las clases teóricas que se tengan que impartir usando tele-enseñanza se intentará impartir los mismos contenidos (dentro de lo posible) que en las clases presenciales correspondientes. En las clases de laboratorio mediante tele-enseñanza se utilizará, entre otros, el MATLAB y el programa de circuitos de alta frecuencia AWR mediante acceso remoto.

Las tutorías se realizarán presencialmente en los horarios que se indicarán para ello. En caso de tele-enseñanza las tutorías se realizarán exclusivamente mediante la plataforma Teams (y/o la que se recomiende por las autoridades académicas) en los horarios de tutoría. En ningún caso se atenderán tutorías mediante correo electrónico.

En caso de que la tele-enseñanza tenga que realizarse utilizando los medios privados de los profesores estos no se pueden hacer responsables de su correcto funcionamiento (conexión a internet, ordenadores, cámaras, ...). De la misma forma, los profesores no son responsables del correcto funcionamiento de los equipos y aplicaciones utilizadas para el seguimiento de la asignatura por parte de los alumnos.

Las actividades indicadas en el cronograma son solo MERAMENTE ORIENTATIVAS, y están sujetas a

modificaciones importantes en función del calendario laboral y académico y el desarrollo y dinámica de las clases tanto de teoría como de laboratorio.

**Importante:** Es imprescindible haber cursado y realizado las prácticas de laboratorio de la asignatura **Transmisión y Propagación de Ondas** para poder cursar y realizar las prácticas de laboratorio de la asignatura **Tecnología de Alta Frecuencia**