



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

**595000019 - Propagacion De Ondas**

### PLAN DE ESTUDIOS

59EC - Grado En Ingeniería Electronica De Comunicaciones

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - 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.....	8
8. Recursos didácticos.....	10
9. Otra información.....	11

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	595000019 - Propagacion de Ondas
<b>No de créditos</b>	4.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Tercer semestre Cuarto semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	59EC - Grado en Ingeniería Electronica de Comunicaciones
<b>Centro responsable de la titulación</b>	59 - Escuela Tecnica Superior De Ingeniería Y Sistemas De Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2022-23

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Maria Pilar Ochoa Perez	A3112	pilar.ochoa@upm.es	Sin horario. Serán publicadas en la página Moodle de la asignatura
Marta Sanchez Agudo	A3112	marta.sanchez@upm.es	Sin horario. Serán publicadas en la página Moodle de la asignatura

Pablo Merodio Camara (Coordinador/a)	A3110	pablo.merodio@upm.es	Sin horario. Serán publicadas en la página Moodle de la asignatura
---	-------	----------------------	--

\* 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

- Calculo li
- Electromagnetismo Y Ondas
- Algebra Lineal
- Calculo I

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

- Se recomienda encarecidamente haber aprobado las asignaturas indicadas, especialmente Electromagnetismo y Ondas, antes de matricularse en Propagación de Ondas.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE B3 - Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

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

CG 03 - Capacidad para expresarse correctamente de forma oral y escrita y transmitir información mediante documentos y exposiciones en público.

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

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

### 4.2. Resultados del aprendizaje

RA94 - Capacidad de analizar las ondas acústicas planas y esféricas en medios limitados e ilimitados.

RA89 - Capacidad de analizar las características fundamentales de los campos electromagnéticos y de las ondas electromagnéticas.

RA95 - Capacidad de entender las propiedades básicas de los materiales en los que se basan los dispositivos.

RA85 - Capacidad de analizar la fenomenología asociada a las oscilaciones.

RA88 - Capacidad de analizar las características fundamentales del campo magnetostático.

RA87 - Capacidad de analizar la fenomenología asociada al campo electrostático.

RA90 - Capacidad de comprender y analizar el significado de las ecuaciones de Maxwell y sus consecuencias.

RA92 - Capacidad de analizar el efecto de las condiciones de frontera, así como la propagación de ondas electromagnéticas guiadas.

RA93 - Capacidad de analizar los fenómenos asociados a la radiación.

RA86 - Capacidad de analizar las características fundamentales de la propagación de ondas.

RA91 - Capacidad de analizar la propagación de ondas electromagnéticas en medios dieléctricos y conductores.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

En esta asignatura se estudian fenómenos de generación y propagación de ondas tanto acústicas como electromagnéticas.

El temario de esta asignatura consta de 9 temas en total, de los cuales el primero, Operadores Vectoriales, es un repaso de conocimientos matemáticos imprescindibles para el seguimiento de la asignatura.

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Operadores vectoriales
  - 1.1. Gradiente de un campo escalar
  - 1.2. Divergencia y rotacional de un campo vectorial
  - 1.3. Teorema de Helmholtz
2. Ondas acústicas planas
  - 2.1. Notación compleja
  - 2.2. Acústica lineal
  - 2.3. Ecuación de onda. Solución armónica
  - 2.4. Densidad de energía. Intensidad acústica
3. Ondas acústicas esféricas
  - 3.1. Ecuación de onda esférica
  - 3.2. Solución armónica. Variables acústicas de una onda esférica
  - 3.3. Intensidad de una onda esférica
4. Reflexión y refracción de ondas acústicas.
  - 4.1. Reflexión y transmisión de una onda plana
  - 4.2. Ondas acústicas estacionarias
  - 4.3. Impedancia de una onda estacionaria

5. Ecuaciones de Maxwell. Ecuación de onda. Energía
  - 5.1. Ecuaciones de Maxwell en forma diferencial
  - 5.2. Potenciales eléctrico y magnético
  - 5.3. Ecuación de onda para los campos y para los potenciales
  - 5.4. Energía del campo electromagnético. Teorema de Poynting
  - 5.5. Aplicación: Radiación de un dipolo oscilante
6. Propagación de ondas electromagnéticas en medios dieléctricos
  - 6.1. Solución para ondas planas
  - 6.2. Impedancia e índice de refracción del medio
  - 6.3. Propagación de la energía
  - 6.4. Polarización
7. Propagación de ondas electromagnéticas en medios conductores
  - 7.1. Densidad de carga libre en el conductor. Carácter transversal
  - 7.2. Solución para ondas planas. Magnitudes complejas
  - 7.3. Balance energético
8. Reflexión y refracción de ondas electromagnéticas
  - 8.1. Reflexión y refracción en la frontera dieléctrico-dieléctrico
  - 8.2. Ecuaciones de Fresnel
  - 8.3. Coeficientes de reflexión y refracción
  - 8.4. Reflexión y refracción en la frontera dieléctrico-conductor
9. Ondas guiadas
  - 9.1. Ondas estacionarias producidas por reflexión en la frontera dieléctrico-conductor. Ondas TE y TM
  - 9.2. Guía de onda formada por dos planos conductores paralelos
  - 9.3. Balance de energía
  - 9.4. Guía de onda rectangular

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Tema 1: Operadores vectoriales.</b> <b>Exposición y ejercicios</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Tema 1: Operadores vectoriales. Tema 2: Ondas acústicas planas. Exposición y ejercicios</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	<b>Tema 2: Ondas acústicas planas.</b> <b>Exposición y ejercicios</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	<b>Tema 3: Ondas acústicas esféricas.</b> <b>Exposición y ejercicios</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	<b>Tema 4: Reflexión y refracción de ondas acústicas. Exposición y ejercicios</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	<b>Tema 5: Ecuaciones de Maxwell. Ecuaciones de onda. Energía.</b> <b>Exposición y ejercicios</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	<b>Tema 5: Ecuaciones de Maxwell. Ecuaciones de onda. Energía.</b> <b>Exposición y ejercicios</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
8	<b>Tema 6: Propagación de ondas electromagnéticas en medios dieléctricos. Exposición y ejercicios</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
9	<b>Tema 6: Propagación de ondas electromagnéticas en medios dieléctricos. Exposición y ejercicios</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Primer Parcial: Temas 1-5. (Lunes 7 de noviembre)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00



10	<b>Tema 7: Propagación de ondas electromagnéticas en medios conductores. Exposición y ejercicios</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11	<b>Tema 7: Propagación de ondas electromagnéticas en medios conductores. Tema 8: Reflexión y refracción de ondas electromagnéticas. Exposición y ejercicios</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
12	<b>Tema 8: Reflexión y refracción de ondas electromagnéticas. Exposición y ejercicios</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
13	<b>Tema 9: Propagación en medios guiados. Exposición y ejercicios</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
14	<b>Tema 9: Propagación en medios guiados. Exposición y ejercicios</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
15	<b>Tema 9: Propagación en medios guiados. Exposición y ejercicios</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
16				
17				<b>Segundo Parcial: Temas 6-9 (Lunes 23 de enero)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00  <b>Examen Global (Lunes 23 de enero)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:00

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 (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
9	Primer Parcial: Temas 1-5. (Lunes 7 de noviembre)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	3 / 10	CG 03 CG 04 CG 13 CE B3 CE TEL09
17	Segundo Parcial: Temas 6-9 (Lunes 23 de enero)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	3 / 10	CE B3 CE TEL09 CG 03 CG 04 CG 13

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen Global (Lunes 23 de enero)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CE B3 CE TEL09 CG 03 CG 04 CG 13

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen único (Lunes 3 de julio)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CE B3 CE TEL09 CG 03 CG 04 CG 13

## 7.2. Criterios de evaluación

Las fechas de los distintos exámenes de la asignatura dependen de la organización del Plan Semestral de Evaluación, coordinada por la SOA, y aparecen publicadas en el Plan Anual Docente de la Escuela. Ante cualquier discrepancia que pudiera surgir entre la información publicada en esta guía y la publicada en el Plan Anual Docente, deberá atenderse a lo publicado en este último ya que en él se hacen las actualizaciones oportunas.

Por cuestiones de organización y para garantizar un mejor aprovechamiento de los recursos de la Escuela, se solicitará a los alumnos, aproximadamente con una semana de antelación, que contesten una encuesta a través de la página Moodle de la asignatura indicando su intención de asistir o no a cada una de las pruebas de evaluación.

### **Modalidad A:** Evaluación Progresiva

La evaluación progresiva consiste en dos exámenes parciales, cuya fecha de realización y demás detalles figuran en la tabla adjunta. Para superar la asignatura es necesario realizar los dos exámenes parciales, obteniendo una nota igual o superior a 3 puntos (sobre un total de 10) en cada uno de ellos. La nota en el conjunto de la asignatura deberá ser igual o superior a 5 puntos (sobre 10).

\*Cualquier alumno que lo desee podrá realizar el examen global de la asignatura, independientemente de la calificación obtenida en el primer parcial o de si se ha presentado a él o no.

\* Los alumnos que no hayan obtenido la calificación mínima requerida en alguna de las pruebas parciales, no podrán obtener una calificación superior a 4.0 en la asignatura.

### **Modalidad B:** Examen Global

Se realizará un único examen con contenido de ambos parciales. Para superar la asignatura es necesario obtener en el Examen Global una nota igual o superior a 5 puntos (sobre un total de 10) y alcanzar al menos un 30% de la calificación en el temario correspondiente a cada parcial. Los alumnos que no hayan obtenido la calificación mínima requerida en cada parte del temario no podrán obtener una calificación superior a 4.0 en la asignatura.

### **Convocatoria Extraordinaria:**

Se realizará un único examen con contenido de ambos parciales. Para superar la asignatura es necesario obtener en este examen una nota igual o superior a 5 puntos (sobre un total de 10) y alcanzar al menos un 30% de la calificación en el temario correspondiente a cada parcial. Los alumnos que no hayan obtenido la calificación mínima requerida en cada parte del temario no podrán obtener una calificación superior a 4.0 en la asignatura.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Elementos de electromagnetismo. Matthew N. O. Sadiku. Edición 3ª. Editorial Oxford University Press.	Bibliografía	
Fundamentos de la teoría electromagnética. Reitz, Milford y Christy. Editorial Pearson Educación.	Bibliografía	
Campos y ondas electromagnéticos. P. Lorrain y D:R: Corson. Editorial Selecciones Científicas.	Bibliografía	
Fundamentos de Acústica. L.E. Kinsler, A.R. Frey, A.B. Coppens y J.V. Sanders. Editorial Limusa.	Bibliografía	
Plataforma Moodle. Página web de la Escuela.	Recursos web	
Ordenador personal. Proyector de video. Pizarra.	Equipamiento	
Apuntes de teoría de la asignatura	Otros	Apuntes de la asignatura que se pueden consultar en Moodle.

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

#### - Reglas de comportamiento de comunicación con el docente:

El alumno deberá solicitar la tutoría mediante cita previa al profesor del grupo en el que esté matriculado. Puede hacerse en persona (cuando sea posible) o a través de correo electrónico. El horario de atención de cada profesor se publicará en la página de la asignatura en la plataforma Moodle al comienzo del semestre.

#### - Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas (ODS) que se trabajan en la asignatura:

##### ODS 4: Educación de calidad

En esta asignatura estamos comprometidos con proporcionar una educación de calidad a nuestros alumnos. Todos los años se realiza un esfuerzo por preparar material docente nuevo y tenemos en marcha un mecanismo de coordinación vertical con el resto de las asignaturas con las que compartimos área, con el fin de garantizar respuestas coordinadas y evitar el solapamiento de los esfuerzos. Tal y como se ha realizado en los dos últimos cursos, se definirán e implantarán en cada momento las propuestas más adecuadas para garantizar una educación de calidad, independientemente del formato en el que deba realizarse la docencia (a distancia, híbrido o presencial).

##### ODS 7: Energía asequible y no contaminante

En la ETSIST hay una apuesta por las energías renovables, como demuestra la existencia de las instalaciones fotovoltaicas que se encuentran en la misma. Dentro de esta asignatura, se organizará una visita de carácter voluntario a estas instalaciones fotovoltaicas en la que se revisarán, entre otros, aspectos relativos a este ODS..

##### ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura

A lo largo del curso, una parte del esfuerzo docente está dirigido a que los alumnos adquieran conocimiento de los sistemas que se desarrollan comercialmente y para investigación basados en los conocimientos teóricos que se estudian en las clases (podemos mencionar de nuevo, como ejemplo de actividad que suele tener muy buena acogida por los alumnos, la visita a las instalaciones fotovoltaicas de la Escuela, en la que se revisan aspectos técnicos relativos al ODS 9)

**La información contenida en esta guía es orientativa y por tanto es susceptible de modificación debido a erratas, omisiones, incidencias no previstas ocurridas durante el curso académico o si el correcto desarrollo de la asignatura así lo aconseja. En concreto, el cronograma mostrado es general, y puede sufrir ligeras variaciones para cada uno de los grupos de teoría de la asignatura.**