



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

595000318 - Propagacion De Ondas

PLAN DE ESTUDIOS

59SC - Grado En Ingeniería De Sistemas De Telecomunicacion

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..... | 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 |
| 10. Adendas..... | 13 |

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

| | |
|--|--|
| Nombre de la asignatura | 595000318 - Propagacion de Ondas |
| No de créditos | 4.5 ECTS |
| Carácter | Obligatoria |
| Curso | Segundo curso |
| Semestre | Tercer semestre Cuarto semestre |
| Período de impartición | Septiembre-Enero |
| Idioma de impartición | Castellano |
| Titulación | 59SC - Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicacion |
| Centro responsable de la titulación | 59 - Escuela Tecnica Superior De Ingeniería Y Sistemas De Telecomunicacion |
| Curso académico | 2021-22 |

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

| Nombre | Despacho | Correo electrónico | Horario de tutorías * |
|--|-----------------|---------------------------|--|
| Maria Pilar Ochoa Perez (Coordinador/a) | 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 | 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 I
- Calculo Ii
- Electromagnetismo Y Ondas
- Algebra Lineal

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

| | | | | |
|----|--|--|--|---|
| 10 | Tema 7: Propagación de ondas electromagnéticas en medios conductores. Exposición y ejercicios Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | Tema 7: Propagación de ondas electromagnéticas en medios conductores. Exposición y ejercicios Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | |
| 11 | Tema 7: Propagación de ondas electromagnéticas en medios conductores. Tema 8: Reflexión y refracción de ondas electromagnéticas. Exposición y ejercicios Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | Tema 7: Propagación de ondas electromagnéticas en medios conductores. Tema 8: Reflexión y refracción de ondas electromagnéticas. Exposición y ejercicios Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | |
| 12 | Tema 8: Reflexión y refracción de ondas electromagnéticas. Exposición y ejercicios Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | Tema 8: Reflexión y refracción de ondas electromagnéticas. Exposición y ejercicios Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | |
| 13 | Tema 9: Propagación en medios guiados. Exposición y ejercicios Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | Tema 9: Ondas guiadas. Exposición y ejercicios Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | |
| 14 | Tema 9: Propagación en medios guiados. Exposición y ejercicios Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | Tema 9: Propagación en medios guiados. Exposición y ejercicios Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | |
| 15 | Tema 9: Propagación en medios guiados. Exposición y ejercicios Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | Tema 9: Propagación en medios guiados. Exposición y ejercicios Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | |
| 16 | | | | |
| 17 | | | | Segundo Parcial: Temas 6-9 (Fecha por determinar) EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00 Examen Final (Fecha por determinar) EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 05:00 |

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 continua

| Sem. | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|------|--|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 8 | Primer Parcial: Temas 1-5. (Fecha por determinar) | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00 | 50% | 3 / 10 | CE B3 CE TEL09 CG 03 CG 04 CG 13 |
| 17 | Segundo Parcial: Temas 6-9 (Fecha por determinar) | 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. Evaluación sólo prueba final

| Sem | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|-----|-------------------------------------|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 17 | Examen Final (Fecha por determinar) | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 05:00 | 100% | 3 / 10 | CE TEL09 CE B3 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 (Fecha por determinar) | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 05:00 | 100% | 5 / 10 | CE B3 CE TEL09 CG 03 CG 04 CG 13 |

7.2. Criterios de evaluación

Las semanas de los exámenes parciales y examen final que aparecen en el cronograma son estimativas. Las fechas definitivas de estos exámenes dependen de la organización de exámenes, coordinada por la SOA, y aparecen publicadas en el Plan Anual Docente.

Modalidad A: Evaluación Continua

La evaluación continua 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 final de la asignatura, independientemente de la calificación obtenida en el primer parcial o de si se ha presentado a él o no.

Modalidad B: Examen Final

Se realizará un único examen con contenido de ambos parciales. Para superar la asignatura es necesario obtener en el Examen Final 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. La solicitud de examen final deberá realizarse a través de la plataforma MOODLE, siguiendo las instrucciones que allí se publiquen.

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.

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.

- **Plataformas que se usarán en la asignatura:** Moodle y Teams.

- Modo de docencia bimodal o híbrido:

Se impartirá un modo de docencia mixto, con estudiantes en el aula y con estudiantes recibiendo simultáneamente la misma clase de forma telemática. Se planificarán turnos rotativos de estudiantes para asegurar que los alumnos reciben sus clases teóricas de forma presencial en semanas alternas.

- **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.

10. Adendas

- CAMBIO en la COORDINACIÓN de la ASIGNATURA Se ha producido un cambio en la coordinación de la asignatura, el coordinador pasa a ser Pablo Merodio Cámara (pablo.merodio@upm.es)