



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 Ingenieria De Tecnologias Y Servicios De Telecomunicacion

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - 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.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	14

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	95000035 - Radiacion y Propagacion
No de créditos	3 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Tercero curso
Semestre	Quinto semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Inglés/Castellano
Titulación	09TT - Grado en Ingenieria de Tecnologias y Servicios de Telecomunicacion
Centro responsable de la titulación	09 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
Curso académico	2023-24

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Manuel Sierra Castañer	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.

Pablo Sanchez Olivares (Coordinador/a)	C-416	pablo.sanchezo@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.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

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

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 superficie y ionosférica
 - 3.3. Propagación por onda de espacio: efectos del suelo y la troposfera
 - 3.4. Propagación en entornos complejos: rurales, suburbanos, urbanos e 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 en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Tema 1: Introducción a las antenas. Radiación de un elemento de corriente. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 1: Radiación de una antena. Condición de campo lejano. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	Clase de problemas Tema 1 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Problema 1: Radiación de una antena y campo lejano. TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
3	Tema 2: La antena como elemento circuital: parámetros de impedancia. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 2: Intensidad de radiación. Directividad y ganancia de una antena. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	Clase de problemas Tema 2: Parámetros de antenas Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Problema 2: Parámetros de antenas. TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
5	Tema 2: La antena en recepción. Propagación en espacio libre. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 2: Ruido de antena. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	Clase de problemas Tema 2: Propagación en espacio libre y ruido Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			Problema 3: Fórmula de Friis, ruido y atenuación TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 01:00

7	<p>Tema 3: Mecanismos de propagación. Propagación por onda de superficie. Duración: 00:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Clase de problemas Tema 3: Propagación por onda de superficie Duración: 00:15 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Problema 4: Análisis intermedio del caso de estudio (T1-T2) TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
8	<p>Tema 3: Introducción a la propagación por onda ionosférica. Duración: 00:45 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Clase de problemas Tema 3: Propagación por onda ionosférica Duración: 00:15 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Tema 3: Propagación por onda de espacio. Introducción a la propagación en entornos complejos. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
9	<p>Clase de problemas Tema 3: Propagación por onda de espacio Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Problema 5: Mecanismos de propagación TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
10	<p>Tema 4: Introducción a Antenas lineales. Antena tipo dipolo, monopolo, dipolo sobre plano de masa y parche impreso. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 4: Acoplos entre antenas y antenas Yagi. Antenas helicoidales. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
11	<p>Clase de problemas Tema 4: Antenas lineales. Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Problema 6: Antenas lineales TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
12	<p>Tema 4: Campo radiado por una apertura. Bocinas. Reflectores. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 4: Arrays de antenas. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
13	<p>Clase de problemas Tema 4: Antenas de apertura y arrays de antenas Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p>Problema 7: Antenas de apertura y arrays de antenas TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>

14				<p>Problema 8: Análisis final del caso de estudio. TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p>
15				
16				
17				<p>Examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 03:00</p> <p>Examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:00</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 (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Problema 1: Radiación de una antena y campo lejano.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	01:00	2.5%	0 / 10	CG5
4	Problema 2: Parámetros de antenas.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	01:00	2.5%	0 / 10	CG5
6	Problema 3: Fórmula de Friis, ruido y atenuación	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	01:00	2.5%	0 / 10	CG5
7	Problema 4: Análisis intermedio del caso de estudio (T1-T2)	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	01:00	5%	0 / 10	CG2 CG1 CG3 CG5
9	Problema 5: Mecanismos de propagación	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	01:00	2.5%	0 / 10	CG5
11	Problema 6: Antenas lineales	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	01:00	2.5%	0 / 10	CG5
13	Problema 7: Antenas de apertura y arrays de antenas	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	01:00	2.5%	0 / 10	CG5
14	Problema 8: Análisis final del caso de estudio.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	02:00	5%	0 / 10	CG1 CG2 CG3 CG5

17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	80%	3 / 10	CG9 CG12 CECT1 CECT2 CECT3 CECT4 CECT5 CECT8 CG1 CG2 CG3 CG5
----	--------------	-------------------------------------	------------	-------	-----	--------	---

7.1.2. Prueba evaluación global

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	80%	5 / 10	CG9 CG12 CECT1 CECT2 CECT3 CECT4 CECT5 CECT8 CG1 CG2 CG3 CG5

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen extraordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG9 CG12 CECT1 CECT2 CECT3 CECT4 CECT5 CECT8

									CG5 CG1 CG2 CG3
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------------

7.2. Criterios de evaluación

Convocatoria ordinaria - Modalidad de evaluación progresiva:

Siguiendo la normativa de evaluación de la UPM, la evaluación de todos los estudiantes se realizará mediante evaluación progresiva basada en las siguientes actividades:

- Actividades en el aula que supondrán un 25% de la calificación. Se proponen una serie de ejercicios relacionados con el temario de la asignatura para resolver en el aula y asociados a un caso de estudio global relacionado con un sistema de comunicaciones planteado sobre un escenario real. Cada profesor realizará esta evaluación en su grupo una vez haya terminado el temario necesario para realizar el ejercicio, por lo que las semanas asignadas en el cronograma son solo tentativas y dependerán del grupo en cuestión. La resolución de los ejercicios se realizará por parejas y **son PRESENCIALES**, por lo que se resolverán y entregarán en el aula con apoyo del profesor. **Si alguno de los miembros del grupo de trabajo falta a clase de forma injustificada durante la realización del ejercicio, su calificación será un 0 en dicho ejercicio**, incluso aunque su compañero de equipo haya entregado el ejercicio en clase.
- Examen final, en el día indicado a tal efecto, cuyo valor será un 80%. En este examen se evaluarán todos los contenidos de la asignatura y consistirá en una prueba escrita con problemas y preguntas teóricas. Es necesario obtener una nota mínima de 3 en este examen.

Resumen: La calificación de la convocatoria es $0,80 \cdot \text{Examen final} + 0,25 \cdot \text{Ejercicios presenciales}$

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

Convocatoria ordinaria - Modalidad de evaluación global:

En este caso solo se tendrá en cuenta la nota del examen final. El examen final consistirá en una prueba escrita con problemas y preguntas teóricas. Incluirá una serie de apartados que evaluarán las competencias de la evaluación progresiva.

La calificación de la asignatura se realizará del siguiente modo: 80% Examen final

Convocatoria extraordinaria:

Para la convocatoria extraordinaria, no se tendrán en cuenta las calificaciones de las actividades de evaluación progresiva desarrolladas a lo largo del curso. El examen extraordinario consistirá en una prueba escrita con problemas y preguntas teóricas, donde se evaluarán las competencias de la evaluación progresiva.

De esta forma, la calificación de la asignatura se realizará del siguiente modo: 100% Examen extraordinario

NOTA: Cualquier evaluación o entrega realizada podrá requerir una evaluación oral complementaria por parte del profesor para validar que se ha realizado por el alumno sin ayuda de sistemas de AI.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Plataforma moodle	Recursos web	Moodle de Radiación y Propagación.
Videos	Recursos web	Videos cortos con las sesiones teóricas resumidas y locutadas por los profesores (disponible en moodle)
Radiación y Propagación	Bibliografía	Apuntes de "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

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

Esta asignatura es de carácter técnico. La adaptación a la situación del COVID-19 se realizó proponiendo la grabación de una serie de videos cortos que, junto al apoyo del libro, sirvieran para comprender la parte teórica de la asignatura. Por tanto, los estudiantes disponen de vídeos cortos grabados por los profesores que complementan las clases teóricas presenciales.

El profesor impartirá la clase en el aula. Cada grupo recibirá 2h de clase semanales en formato presencial. En líneas generales, se pretende que todas las semanas se dedique 1h a clase magistral y 1h a resolución de ejercicio de ejemplo en pizarra o resolución de problemas en grupo para afianzar los conceptos vistos en teoría.

El caso de estudio, que tiene como base dotar de internet a zonas selváticas aisladas de un país en desarrollo, está inicialmente planteado en 8 problemas, que serán trabajados en clase por parejas. Los ejercicios se plantearán para contribuir a los ODS, en particular y principalmente, a los objetivos 9 (construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación) y el objetivo 17, que impulsa alianzas para el desarrollo.

Dentro de estos objetivos, las metas que se tratan en profundidad son:

9.1 Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, haciendo especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos.

9.5 Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica industrial.

9.c Aumentar el acceso a las TIC y esforzarse por proporcionar acceso universal y asequible a Internet en los países menos adelantados.

17.7 Promover el desarrollo de tecnologías ecológicamente racionales y su transferencia, divulgación y difusión a los países en desarrollo en condiciones favorables.

17.8 Poner en pleno funcionamiento el banco de tecnología y el mecanismo de apoyo a la creación de capacidad para los países menos adelantados y aumentar la utilización de las TIC.