



Asignatura: Fundamentos de Transmisión y Propagación de Ondas
Código: 18475
Centro: Escuela Politécnica Superior
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación
Nivel: Grado
Tipo: Formación básica
Nº de créditos: 6 ECTS

GUÍA DOCENTE DE *FUNDAMENTOS DE TRANSMISIÓN Y PROPAGACIÓN DE ONDAS (FTPO)*

La presente guía docente corresponde a la asignatura *Fundamentos de Transmisión y Propagación de Ondas (FTPO)*, a aprobar para el curso lectivo 2016-2017 en Junta de Centro y publicada en su versión definitiva en la página web de la Escuela Politécnica Superior. La guía docente de FTPO aprobada y publicada antes del periodo de matrícula tiene el carácter de contrato con el estudiante.



Asignatura: Fundamentos de Transmisión y Propagación de Ondas
Código: 18475
Centro: Escuela Politécnica Superior
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación
Nivel: Grado
Tipo: Formación básica
Nº de créditos: 6 ECTS

ASIGNATURA

FUNDAMENTOS DE TRANSMISIÓN Y PROPAGACIÓN DE ONDAS (FTPO)

1.1. Código

18475 del Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación

1.2. Materia

Sistemas de Transmisión

1.3. Tipo

Formación Común a la Rama de Telecomunicación (Obligatoria)

1.4. Nivel

Grado

1.5. Curso

2º

1.6. Semestre

2º

1.7. Número de créditos

6 créditos ECTS

1.8. Requisitos previos

Fundamentos de Transmisión y Propagación de Ondas (FTPO) forma parte de la *Materia 2.1 "Sistemas de Transmisión"* del módulo 2 "*Formación Común a la Rama de Telecomunicación*" (obligatorio) del plan de estudios del Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación.



Asignatura: Fundamentos de Transmisión y Propagación de Ondas
Código: 18475
Centro: Escuela Politécnica Superior
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación
Nivel: Grado
Tipo: Formación básica
Nº de créditos: 6 ECTS

Esta materia está compuesta por una única asignatura (*Fundamentos de Transmisión y Propagación de Ondas*) donde se presentan los fundamentos de la transmisión de señales y las nociones básicas de electromagnetismo aplicado al ámbito de la Ingeniería de Telecomunicación.

Para cursar la asignatura es *imprescindible* tener soltura en el manejo de *herramientas matemáticas básicas*: operativa con números complejos, funciones trigonométricas y exponenciales complejas, vectores, y cálculo básico (competencias transversales de la materia Matemáticas). Se hará una prueba de nivel a principio de curso para que el estudiante evalúe su destreza en estas competencias básicas e imprescindibles (*ver en el punto 5 de esta guía, "cronograma", los conceptos de otras asignaturas que se espera que el estudiante maneje ya con completa soltura en las tres primeras semanas: Rev1, Rev2, Rev3*).

El estudiante tendrá que integrar y diferenciar funciones de varias variables y usar los teoremas básicos del cálculo vectorial (*Análisis Matemático I, 1º, 1er cuatrimestre y Análisis Matemático II, 1º, 2º cuatrimestre*). Deberá haber cursado una introducción a los campos electromagnéticos (*Física General, 1º, 1er cuatrimestre*) donde se haya visto régimen estático y cuasi-estático. De igual manera, el estudiante tendrá que utilizar conceptos básicos de teoría de circuitos y análisis permanente sinusoidal con fasores (*Análisis de Circuitos, 1º, 2º cuatrimestre*) y los fundamentos de sistemas y transformada de Fourier (*Sistemas Lineales, 2º, 1er cuatrimestre*). *Las competencias básicas de estas asignaturas se consideran el punto de partida para FTPO, y sin ellas el aprovechamiento de FTPO no será el adecuado.*

Esta asignatura es básica para otras posteriores como *Medios de Transmisión (3º, 1er cuatrimestre)*, *Electrónica de Comunicaciones (3º, 2º cuatrimestre)* y *Antenas y Compatibilidad Electromagnética (4º, 2º cuatrimestre)*, y en general, para todas aquellas que requieran conocer los fundamentos de la transmisión y propagación de señales en sistemas de comunicaciones.

1.9. Requisitos mínimos de asistencia a las sesiones presenciales

La asistencia a las sesiones de teoría y de laboratorio se considera de especial utilidad para la consecución de los objetivos previstos en la asignatura (ver apartado 1.11) y para participar en las pruebas de evaluación continua programadas (ver apartado 5).

Por ello, en todas las sesiones tanto de teoría como de laboratorio, se llevará a cabo un control de asistencia, del que resultará un indicador de asistencia, puntualidad y actitud (APA).

El indicador APA se obtendrá del siguiente modo: cada estudiante partirá con APA=10 puntos y los irá perdiendo a razón de 2 por cada hora de clase de problemas a la que



Asignatura: Fundamentos de Transmisión y Propagación de Ondas
Código: 18475
Centro: Escuela Politécnica Superior
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación
Nivel: Grado
Tipo: Formación básica
Nº de créditos: 6 ECTS

no asista, 1 por cada hora de clase de teoría a la que no asista, 0.25 por cada hora a la que llegue con retraso.

Al indicador APA se le descontarán 2 puntos por la primera vez, y 5 por las siguientes veces, en la(s) que el estudiante haya mostrado una actitud en clase que no sea la adecuada para su aprovechamiento o el de los compañeros a juicio del profesor. En este caso el valor de APA podrá ser menor que 0.

Este indicador APA tendrá un efecto en la evaluación continua indicado por la fórmula en la sección 4 dado por $APA/20$, es decir, *si por ejemplo el APA se conserva en 10, tendrá un beneficio positivo de hasta 0.5 puntos en la nota de evaluación continua, pero si es negativo, por una actitud inadecuada en clase, bajará nota.*

1.10. Datos del equipo docente

Nota: se debe añadir @uam.es a todas las direcciones de correo electrónico.

Profesor de teoría:

Dr. Jorge A. Ruiz Cruz (Coordinador)
Departamento de Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones
Escuela Politécnica Superior
Despacho - Módulo: C-218 Edificio C - 2ª Planta
Teléfono: +34 914972801
Correo electrónico: [jorge.ruizcruz](mailto:jorge.ruizcruz@uam.es)
Página web: www.eps.uam.es/~jruij
Horario de atención al alumnado: Petición de cita previa por correo electrónico.

Profesor(es) de laboratorio:

(Por asignar)
Departamento de Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones
Escuela Politécnica Superior
Despacho: - Módulo: - Edificio: - Planta: -
Teléfono: -
Correo electrónico: -
Página web: -
Horario de atención al alumnado: -



Asignatura: Fundamentos de Transmisión y Propagación de Ondas
Código: 18475
Centro: Escuela Politécnica Superior
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación
Nivel: Grado
Tipo: Formación básica
Nº de créditos: 6 ECTS

1.11. Objetivos del curso

FTPO es una asignatura de introducción a los campos electromagnéticos en el ámbito de los sistemas de comunicaciones. El objetivo de este curso es que el estudiante comprenda y utilice los conceptos básicos de la propagación y transmisión de ondas, fenómenos básicos en la transferencia de energía y en el intercambio de información a distancia propios de la telecomunicación.

Para este fin, se utilizarán los procedimientos habituales usados en campos electromagnéticos, y los estudiantes interpretarán y analizarán los principales tipos de ondas usados en comunicaciones: ondas en espacio libre (medio indefinido para comunicaciones radio) y en medios guiados por soporte físico (cable). Se introducirá brevemente el fenómeno de la radiación y las antenas, haciendo hincapié en los principales parámetros que permiten relacionar el modelo electromagnético con el enfoque de sistema de transmisión usado en otras asignaturas del ámbito de comunicaciones.

Más específicamente, la línea argumental de la asignatura se puede resumir del siguiente modo en dos grandes bloques:

- A) En los temas I y II se aborda el modelo electromagnético. Se comienza con las ecuaciones de Maxwell que rigen su comportamiento en el tiempo y la frecuencia (tema I) y se realiza una revisión del régimen estático y cuasi-estático partiendo de las ecuaciones generales. Se pretende aquí enlazar con los conceptos vistos en Física y con las Leyes de Kirchoff usadas en la teoría de circuitos. En el tema II se estudia la manera de caracterizar los medios desde el punto de vista de sus propiedades electromagnéticas, las condiciones de contorno al pasar de un medio a otro, y como se produce la transferencia de energía (teoremas de conservación).
- B) En los temas III, IV y V se analiza la propagación en medio indefinido (espacio libre, *sin hilos*) y en medio guiado (*cables*). Se estudian las configuraciones de campo más simples utilizadas en comunicaciones, comenzando en el tema III con la propagación de ondas planas en el espacio libre. Después se estudia la interacción de las ondas planas con obstáculos (tema IV): incidencia normal, incidencia en medios conductores, incidencia en medios estratificados e incidencia oblicua (una muy breve introducción, que sirve para enlazar con los conceptos básicos de la óptica clásica). En el tema V se deja el espacio libre para pasar a la propagación por un medio guiado, introduciendo los distintos tipos (como un cable con un par de conductores o la fibra óptica), y haciendo énfasis en la línea de transmisión como concepto. Se hará hincapié en enlazar el modelo electromagnético con la descripción de tipo sistema más utilizada en otras asignaturas del ámbito de las comunicaciones: función de transferencia, distorsión, atenuación y retardo. Este tema V es una introducción muy breve al problema de los medios guiados, que se complementa en la asignatura posterior de Medios de Transmisión.



Asignatura: Fundamentos de Transmisión y Propagación de Ondas
Código: 18475
Centro: Escuela Politécnica Superior
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación
Nivel: Grado
Tipo: Formación básica
Nº de créditos: 6 ECTS

Paralelamente al desarrollo de la asignatura e integradas con las actividades en el aula, se realizarán (aprox.) ocho sesiones en grupos reducidos. Con ellas se pretende apoyar los conceptos vistos en teoría con la resolución de problemas y tutorías en grupos reducidos. Adicionalmente, en las sesiones presenciales, se harán simulaciones sencillas en el ordenador que permitan comprender aspectos de la transmisión y propagación de ondas de una manera más visual.

Las **competencias** comunes a la rama de telecomunicación (CO) que se pretenden adquirir con esta asignatura se corresponden con la parte de ondas electromagnéticas de CO8:

“CO8: Capacidad para comprender los mecanismos de propagación y transmisión de ondas electromagnéticas y acústicas, y sus correspondientes dispositivos emisores y receptores...”

Otras competencias generales que se trabajarán en la asignatura son:

DD3: Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes, en el ámbito de la ingeniería de tecnologías y servicios de telecomunicación, para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

ITT3: Conocimiento de materias básicas y tecnologías, que le capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y tecnologías, así como que le dote de una gran versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

ITT6: Facilidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento

ITT9: Capacidad de trabajar en un grupo multidisciplinar y en un entorno multilingüe y de comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.

En la siguiente tabla se especifican las competencias que el estudiante adquirirá desglosadas por temas. Al final de cada tema el estudiante deberá ser capaz de:

OBJETIVOS ESPECIFICOS POR TEMA	
TEMA I.- El modelo electromagnético basado en las ecuaciones de Maxwell	
1.1	Enunciar las ecuaciones de Maxwell en forma diferencial e integral en el tiempo, con las relaciones constitutivas para medios sencillos
1.2	Identificar las ecuaciones del régimen estático, cuasi-estático y con variación temporal arbitraria
1.3	Operar con vectores cuyas componentes son números complejos y dominar la notación vectorial y los números complejos
1.4	Utilizar los operadores vectoriales y aplicarlos a las ecuaciones de Maxwell



1.5	Aplicar la transformada de Fourier a vectores y a ecuaciones integrales y diferenciales
1.6	Obtener las ecuaciones de Maxwell en la frecuencia aplicando la transformada de Fourier
1.7	Escribir de manera rigurosa un campo electromagnético monocromático en el tiempo y la frecuencia.
TEMA II.- Medios y transferencia de energía	
2.1	Escribir las relaciones constitutivas de un medio material en la frecuencia: definir la permitividad dieléctrica y la permeabilidad magnética complejas
2.2	Definir matemáticamente cuando un medio no tiene pérdidas e identificar medios dieléctricos y conductores
2.3	Enunciar las condiciones de contorno del campo electromagnético en la interfaz entre dos medios cualquiera, y también cuando uno de ellos es conductor perfecto
2.4	Obtener el teorema de Poynting e interpretar el tema de conservación en distintas situaciones sencillas
2.5	Relacionar el teorema de Poynting con el balance de potencia compleja en un circuito
2.6	A partir de los campos electromagnéticos, calcular potencias transmitidas y disipadas, y energías almacenadas
TEMA III.- Ondas planas homogéneas	
3.1	Obtener a partir de las ecuaciones de Maxwell la solución de onda plana homogénea (OPH)
3.2	Escribir el campo electromagnético de una onda plana homogénea (OPH) y describir los parámetros que la describen: constante de propagación e impedancia intrínseca
3.3	Calcular la potencia transmitida por una OPH monocromática y la potencia disipada en el medio por el que se propaga
3.4	Analizar la constante de propagación y la impedancia de onda de una OPH en función de la frecuencia y para distintos tipos de medios materiales
3.5	Escribir una OPH monocromática en el dominio del tiempo y analizar su variación temporal, longitud de onda y velocidad de fase
3.6	Definir la función de transferencia asociada a una onda plana desde el punto de vista de los sistemas de comunicaciones
3.7	Identificar la polarización de una OPH monocromática y definir la polarización lineal y circular
TEMA IV.- Incidencia de ondas planas sobre obstáculos planos	
4.1.	Analizar qué ocurre cuando una onda electromagnética que se propaga en un medio homogéneo se encuentra con un obstáculo
4.2	Escribir las condiciones de contorno cuando una OPH incide perpendicularmente sobre un obstáculo plano
4.3	Obtener la relación entre la onda incidente, transmitida y reflejada y definir el concepto de coeficiente de reflexión e impedancia
4.4	Representar y analizar el diagrama de onda estacionaria
4.5	Plantear el caso de incidencia normal sobre un buen conductor y definir el



	efecto pelicular
4.6	Analizar la incidencia sobre un medio estratificado y escribir las condiciones de máxima transferencia de potencia y adaptación; uso en casos simples como en la sección de $\lambda/4$ y $\lambda/2$.
4.7	Escribir las condiciones de contorno cuando una OPH incide oblicuamente sobre un obstáculo plano y escribir las leyes de Snell
TEMA V. - Ondas guiadas por soporte físico. La línea de transmisión	
5.1	Analizar qué ocurre cuando se quieren escribir la solución de campo electromagnético en un medio guiado general
5.2	Enunciar y clasificar distintos tipos de medios guiados
5.3	Escribir la solución de campo electromagnético con componentes estrictamente transversales (TEM) en un medio guiado
5.4	Definir la tensión y corriente en un medio con modos TEM
5.5	Definir la línea de transmisión y sus parámetros fundamentales
5.6	Establecer la equivalencia de varias líneas de transmisión en cascada con la propagación de OPH en un medio estratificado

1.12. Contenidos del programa

Programa Sintético

A) El modelo electromagnético:

- I. El modelo electromagnético basado en las ecuaciones de Maxwell.
- II. Medios materiales y transferencia de energía.

B) Propagación (en espacio libre y en medio guiado):

- III. Ondas planas homogéneas.
- IV. Incidencia de ondas planas sobre obstáculos planos.
- V. Ondas guiadas por soporte físico. La línea de transmisión.

Programa Detallado

I. El modelo electromagnético basado en las ecuaciones de Maxwell.

1. Definición del modelo electromagnético macroscópico: *ecuaciones de Maxwell* en el dominio del tiempo.
2. Definición de los medios materiales en el modelo electromagnético.
3. Definición de régimen estático: electrostática y magnetostática.
4. Definición de régimen de variación temporal lenta. Leyes de Kirchoff.
5. Definición de régimen de variación temporal arbitraria.
6. Transformada de Fourier aplicada a las ecuaciones de Maxwell. Régimen monocromático.

II. Medios materiales y transferencia de energía.



Asignatura: Fundamentos de Transmisión y Propagación de Ondas
Código: 18475
Centro: Escuela Politécnica Superior
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación
Nivel: Grado
Tipo: Formación básica
Nº de créditos: 6 ECTS

1. Ecuaciones y relaciones constitutivas en el dominio de la frecuencia.
2. *De las ecuaciones de Maxwell a las ecuaciones del intercambio energético.* Fuerza, trabajo, energía, potencia asociadas al campo electromagnético.
3. Teorema de conservación en el dominio del tiempo y la frecuencia.

III. Ondas planas homogéneas.

1. *De las ecuaciones de Maxwell a las soluciones de campo llamadas ondas planas.* Constante de propagación e impedancia intrínseca.
2. Ondas planas homogéneas monocromáticas: velocidad de fase, longitud de onda, potencia transmitida y disipada en el medio.
3. Estudio de distintos tipos de medios, incluyendo los conductores.
4. Onda plana como portadora de información. Función de transferencia desde el punto de vista de sistemas de telecomunicaciones. Retardo, velocidad de grupo, distorsión de amplitud y/o fase.
5. Polarización del campo electromagnético.

IV. Incidencia de ondas planas sobre obstáculos planos.

1. *De las ecuaciones de Maxwell a las soluciones de campo con ondas estacionarias.* Coeficiente de reflexión e impedancia de onda.
2. Distribución espacial del campo: diagrama de onda estacionaria y potencia transmitida.
3. Incidencia normal sobre un medio conductor. Efecto pelicular.
4. Incidencia normal sobre un medio estratificado. Concepto de adaptación.
5. Incidencia oblicua sobre obstáculo plano. Leyes de Snell.

V. Ondas guiadas por soporte físico. La línea de transmisión.

1. *De las ecuaciones de Maxwell a las distintas soluciones de campo en medios guiados.* Distintos tipos de soluciones de campos llamados modos TEM, TE, TM e híbridos.
2. Clasificación de los medios guiados. La fibra óptica.
3. Ondas TEM en medios con dos o más conductores. Definición de tensión y corriente, e impedancia característica.
4. Concepto de línea de transmisión. Uso de los conceptos de coeficiente de reflexión e impedancia, en equivalencia de los vistos con ondas planas.

1.13. Referencias de consulta

Material de la asignatura:

Los documentos de trabajo que se vayan generando durante el curso (apuntes de cada tema, ejercicios, enunciados de exámenes, simulaciones de ordenador,



Asignatura: Fundamentos de Transmisión y Propagación de Ondas
Código: 18475
Centro: Escuela Politécnica Superior
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación
Nivel: Grado
Tipo: Formación básica
Nº de créditos: 6 ECTS

soluciones de problemas, recomendaciones de estudio, ...) se pondrán a disposición de los estudiantes en formato electrónico y sin coste, a través de la página web de la asignatura.

Se hace hincapié en que estos materiales, especialmente los *apuntes*, son *complementarios* a la bibliografía existente, *nunca sustitutos*, dado que hay muchos libros sobre esta temática que casan muy bien con la asignatura y de excelente calidad.

Bibliografía:

A continuación se listan algunos libros de texto que contienen todo o gran parte del temario propuesto:

- D.K. Cheng, "Fundamentos de electromagnetismo para ingeniería", Addison-Wesley.
- Fraile Mora, Jesús, "Electromagnetismo y circuitos eléctricos", Mc Graw Hill 2005
- J.E. Page de la Vega, C. Camacho Peñalosa, "Ecuaciones y relaciones energéticas de la electrodinámica", "Ondas planas", "Propagación de ondas guiadas", "Problemas de campos electromagnéticos", Servicio de Publicaciones, E.T.S.I. de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid.
- S. Ramo, J.R. Whinnery, T. Van Duzer, "Fields and waves in communications electronics", John Wiley & Sons, Third Edition, 1994.
- Rafael Boloix Tortosa, "Problemas de ondas planas y medios de transmisión", Editorial Universidad de Sevilla-Secretariado de Publicaciones

Bibliografía complementaria para algunos temas puntuales:

- J.D. Kraus, "Electromagnetismo", McGraw-Hill, 1986.
- C.T.A. Johnk, "Teoría electromagnética", Limusa, 1981.
- P. Lorrain, D.R. Corson, "Campos y Ondas Electromagnéticas", Ed. Selecciones Científicas (Madrid 1986)

Bibliografía avanzada de alto nivel y de ampliación para algunos temas muy puntuales, que se recomendarán en algunas asignaturas posteriores:

- D. M. Pozar, "Microwave Engineering", John Wiley and Sons.



Asignatura: Fundamentos de Transmisión y Propagación de Ondas
Código: 18475
Centro: Escuela Politécnica Superior
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación
Nivel: Grado
Tipo: Formación básica
Nº de créditos: 6 ECTS

- D. M. Pozar, "Microwave and RF wireless systems", John Wiley & Sons, 2001.
- V.V. Nikolski, "Electrodinámica y propagación de ondas de radio", <http://www.urss.ru>, Editorial URSS, 1973.
- R. E. Collin, "Foundations for microwave engineering", IEEE Press, 2001.
- A. Cardama y otros, "Antenas", Edicions UPC 200II.
- C. A. Balanis, "Antenna Theory. Analysis and Design", John Wiley & Sons 1997.
- C. A. Balanis, "Advanced Engineering Electromagnetics". John Wiley and Sons.

2. Métodos docentes

Las horas presenciales programadas en esta asignatura están orientadas a las explicaciones teóricas, resolución de problemas, tutorías, pequeñas simulaciones en ordenador y pruebas escritas de evaluación continua del estudiante.

Estas actividades se distribuirán entre sesiones en el aula (todos los estudiantes juntos) y sesiones en grupos más reducidos. Más concretamente, la actividad presencial se divide, de acuerdo con el horario de la asignatura, en cuatro horas semanales en el aula y dos horas adicionales de sesión en grupos reducidos cada dos semanas (en torno a ocho sesiones en total durante el curso).

Actividad en el aula:

La actividad en el aula se encuentra repartida en tres aspectos: explicaciones teóricas, planteamiento de problemas y pruebas escritas de evaluación continua.

El aspecto de evaluación está detallado en el apartado 4.

Las explicaciones teóricas combinan la pizarra con presentaciones en formato electrónico. El estudiante dispondrá de todo el material de las presentaciones, que es una guía bastante detallada del curso, aunque este material no sustituye a los libros recomendados. El equipo docente de la asignatura considera que no se pueden alcanzar las competencias perseguidas sin complementar las explicaciones teóricas y los apuntes de la asignatura con alguno de los textos recomendados.

El estudiante deberá tomar apuntes y participar activamente en clase respondiendo a las cuestiones planteadas, que normalmente estarán



relacionadas con ejercicios propuestos a abordar inicialmente por el estudiante por su cuenta. En estas clases no se resuelve los problemas de manera detallada, sino que se plantean la manera de afrontarlos. La resolución detallada se hace en los grupos reducidos.

Respecto de la parte no presencial, el estudio *no* consistirá en la simple lectura de unos apuntes y un libro. El estudiante deberá tener una actitud *activa* en el estudio: demostrar con lápiz y papel cada uno de los resultados que se proponen, y comprobar luego que su derivación ha sido adecuada con los apuntes y/o libros. Esto es necesario para la asignatura, pero también para entrenar las herramientas matemáticas básicas que el estudiante debe manejar con soltura (sección 1.8). Finalmente (o en paralelo), deberá reflexionar sobre la interpretación física del resultado (para los primeros temas esto será muy difícil y se es consciente de ello, pero no tanto para los últimos). Una vez se ha hecho esto, el estudiante abordará los ejercicios propuestos.

Actividad en grupos reducidos:

Las (aprox.) ocho sesiones en grupos reducidos están concebidas como clases de apoyo a la teoría, fundamentalmente para resolución de problemas. Tienen también el objetivo de servir para tutorías en grupo y resolución de aspectos relacionados con la Evaluación Continua. Se utilizarán también para la presentación de instalaciones relacionadas con la temática de la asignatura (equipos de medida como la cámara anecoica), para poner de manifiesto la necesidad de manejar con soltura conceptos como espectro, vectores,... que parecen muy teóricos, pero que se usan cotidianamente en sistemas reales de Ingeniería de Telecomunicación.

Los estudiantes deberán hacer los problemas propuestos antes de las sesiones de manera individual al principio, y más adelante por parejas. Los estudiantes entregarán los ejercicios propuestos como requisito necesario para la Ev. Continua (apartado 4). Estos ejercicios serán normalmente enunciados de examen de otros años (lo que implicará un entrenamiento muy realista de los exámenes), pero también pueden proponerse pequeños trabajos o ejercicios más complejos.

3. Tiempo de trabajo del estudiante

Actividades		Horas (%)	Horas (%)
Presencial	Explicaciones teóricas	44 (29.3%)	78 h. (52%)
	Planteamiento de problemas y simulaciones de ordenador	4 (2.7%)	
	Realización de pruebas de conocimiento en el aula	8 *100(5.3%)	
	Clases de problemas en grupos	16h = 12 (8%)	



Asignatura: Fundamentos de Transmisión y Propagación de Ondas
Código: 18475
Centro: Escuela Politécnica Superior
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación
Nivel: Grado
Tipo: Formación básica
Nº de créditos: 6 ECTS

	reducidos	2h x 8 sesiones		
	Tutorías en grupo y resolución de aspectos relacionados con la Evaluación Continua		4 (2.7%)	
	Realización del examen de la convocatoria ordinaria y extraordinaria		6 (4.0%)	
No presencial	Actividades en horas no presenciales: estudio de teoría, resolución de problemas, etc.		40 (26.7%)	72 h (48%)
	Preparación exámenes (*)		32 (21.3%)	
Carga total de horas de trabajo: 25 horas x 6 ECTS			150 horas (100%)	

(*) Incluye la convocatoria ordinaria y la extraordinaria

4. Métodos de evaluación y porcentaje en la calificación final

La evaluación de la asignatura, o nota final (NF), será el resultado de uno de los dos procesos de evaluación que se describen:

- 1- Evaluación continua (NF-C): la asistencia a las actividades presenciales programadas (ver indicador APA en apartado I.9) y la realización de las 4 pruebas de evaluación continua (EC1, ..., EC4, puntuadas cada una sobre 10 puntos) planificadas en el transcurso de la asignatura (ver apartado 5).
- 2- Evaluación única (NF-U): la realización de una prueba o examen final (EF) planificado en la convocatoria ordinaria o en la convocatoria extraordinaria de la asignatura.

Las pruebas de evaluación se realizarán con una parte sin libros ni apuntes, y, otra parte, cuando se especifique, donde se deje material adicional. Constarán de dos partes: preguntas breves de índole teórico-práctico y resolución de uno o varios ejercicios prácticos similares a los que se han propuesto y realizado durante el curso.

La *evaluación continua* será el proceso asumido por defecto. El resultado de este proceso será una media ponderada de las pruebas realizadas, aumentada por el indicador de asistencia:

$$NF=NF-C= 0.15*EC1 + 0.25*EC2 + 0.3*EC3 + 0.3*EC4 + APA/20.$$

Para aplicar la anterior fórmula, *EC4 deberá ser mayor o igual a 3.5*. En cada prueba entrará todo el temario visto hasta la fecha de su realización (*no se descarta temario*), pero teniendo más importancia lo visto desde la última prueba.

La *evaluación única* es el proceso excepcional dirigido a estudiantes que o bien no siguen el proceso de evaluación continua (NF-C=0), o bien, habiéndolo seguido, optan



Asignatura: Fundamentos de Transmisión y Propagación de Ondas
 Código: 18475
 Centro: Escuela Politécnica Superior
 Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación
 Nivel: Grado
 Tipo: Formación básica
 Nº de créditos: 6 ECTS

por presentarse a un examen final para aprobar o aumentar su nota. En este caso la calificación se obtendrá según:

$$NF = NF - U = \text{Max}(EF, NF - C)$$

Los estudiantes que no realicen un examen final ni 3 de las 4 pruebas de evaluación continua recibirán en esta parte de teoría la calificación de "no evaluado".

ATENCIÓN: Cualquier copia descubierta que se haya realizado a lo largo del curso, tanto en cualquiera de las actividades de teoría desarrolladas, como en cualquiera de los apartados de las prácticas, serán penalizadas con rigurosidad. Cualquier copia o plagio será penalizado siguiendo las normativas de la UAM y de la EPS.

5. Cronograma

Semana	<p>Contenido y Actividades, durante un curso de 14 semanas para las Horas presenciales en el aula (total 56 h en las 14 semanas) Horas presenciales en grupos reducidos (total 16 h en ocho sesiones de 2h) Horas no presenciales (total 42 h en las 14 semanas) (Las restantes 38 horas hasta las 150h se dedicarían a la preparación y realización de los exámenes de la convocatoria ordinaria y extraordinaria)</p>
1	<p>Horas presenciales en el aula (4) - Presentación y motivación de la asignatura - Descripción del programa, de la normativa y de los métodos de evaluación - Prueba de nivel. - <i>Tema I. El modelo electromagnético basado en las ecuaciones de Maxwell</i></p> <p>Horas no presenciales (4) - Revisión (Rev1) de conceptos que ya se dan por sabidos en la asignatura de FTPO y que el estudiante deberá manejar con soltura: Rev1a) vectores: suma, resta, producto escalar, vectorial, producto mixto, propiedades,... Rev1b) Concepto de campo escalar y vectorial. Representación con flechas de campos vectoriales Rev1c) Operadores diferenciales: gradiente, divergencia, rotacional.</p>
2	<p>Horas presenciales en el aula (4) - <i>Tema I (cont.).</i></p> <p>Horas presenciales en grupos reducidos (2) (sesión 1) - Resolución y corrección de problemas en grupos reducidos</p> <p>Horas no presenciales (2) - Revisión (Rev2) de conceptos que ya se dan por sabidos en la asignatura de FTPO y que el estudiante deberá manejar con soltura:</p>



	<p>Rev2a) integrales de línea y de superficie (circulaciones, flujos,...) en dominios de integración sencillos (rectas, circunferencias,..)</p> <p>Rev2b) transformaciones de coordenadas a cilíndricas y a esféricas</p> <p>Rev2c) transformaciones de vectores a cilíndricas y a esféricas</p>
3	<p>Horas presenciales en el aula (4)</p> <p>- <i>Tema I (cont.)</i>.</p> <p>Horas presenciales en grupos reducidos (2) (sesión 2)</p> <p>- Resolución y corrección de problemas en grupos reducidos</p> <p>Horas no presenciales (2)</p> <p>- Revisión (Rev3) de conceptos que ya se dan por sabidos en la asignatura de FTPO y que el estudiante deberá manejar con soltura:</p> <p>Rev3a) partes real, imaginaria, módulo, fase (radianes y grados) de un número complejo.</p> <p>Rev3b) cocientes y raíces n-ésimas de números complejos</p> <p>Rev3c) Fasores con exponenciales complejas; operaciones con fasores y paso al dominio del tiempo</p> <p>- Revisión de régimen cuasi-estático: Electrostática y Magnetostática</p> <p>- Revisión de Leyes de Kirchoff</p> <p>- Resolución de problemas recomendados</p>
4	<p>Horas presenciales en el aula (4)</p> <p>- <i>Tema I (cont.)</i>.</p> <p>- Planteamiento y resolución de problemas sencillos</p> <p>- <i>Prueba de Evaluación Continua EC1</i></p> <p>Horas no presenciales (4)</p> <p>- Resolución de problemas con vectores de números complejos y calculo vectorial</p> <p>- Resolución de problemas de los temas vistos</p> <p>- Revisar y redactar/formular preguntas sobre los temas vistos</p>
5	<p>Horas presenciales en el aula (4)</p> <p>- <i>Tema II. Medios materiales y transferencia de energía.</i></p> <p>Horas no presenciales (4)</p> <p>- Revisión de los conceptos de clase</p>
6	<p>Horas presenciales en el aula (4)</p> <p><i>Tema II (cont.)</i>.</p> <p>Horas presenciales en grupos reducidos (2) (sesión 3)</p> <p>- Revisión de EC1</p> <p>- Resolución y corrección de problemas en grupos reducidos</p>



	<p>Horas no presenciales (2)</p> <ul style="list-style-type: none">- Revisión de los conceptos de clase- Preparar la parte indicada de problemas
7	<p>Horas presenciales en el aula (4)</p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Tema II (cont.).</i> <p>Horas presenciales en grupos reducidos (2) (sesión 4)</p> <ul style="list-style-type: none">- Simulaciones en ordenador.- Resolución y corrección de problemas en grupos reducidos. <p>Horas no presenciales (2)</p> <ul style="list-style-type: none">- Revisar y redactar/formular preguntas sobre los temas vistos- Preparación de la prueba de EC2 (revisión de teoría y problemas)
8	<p>Horas presenciales en el aula (4)</p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Tema III. Ondas planas homogéneas.</i>- <i>Prueba de Evaluación Continua EC2</i> <p>Horas no presenciales (4)</p> <ul style="list-style-type: none">- Resolución de problemas de los temas vistos- Revisar y redactar/formular preguntas sobre los temas vistos
9	<p>Horas presenciales en el aula (4)</p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Tema III (cont.).</i> <p>Horas presenciales en grupos reducidos (2) (sesión 5)</p> <ul style="list-style-type: none">- Revisión de EC2- Resolución y corrección de problemas en grupos reducidos <p>Horas no presenciales (2)</p> <ul style="list-style-type: none">- Resolución de problemas de los temas vistos
10	<p>Horas presenciales en el aula (4)</p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Tema IV. Incidencia de ondas planas sobre obstáculos planos</i> <p>Horas presenciales en grupos reducidos (2) (sesión 6)</p> <ul style="list-style-type: none">- Resolución y corrección de problemas en grupos reducidos. <p>Horas no presenciales (2)</p> <ul style="list-style-type: none">- Resolución de problemas de los temas vistos- Revisar y redactar/formular preguntas sobre los temas vistos
11	<p>Horas presenciales en el aula (4)</p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Tema IV (cont.)</i>- <i>Prueba de Evaluación Continua EC3</i>



	<p>Horas no presenciales (4)</p> <ul style="list-style-type: none">- Resolución de problemas de los temas vistos- Revisar y redactar/formular preguntas sobre los temas vistos
12	<p>Horas presenciales en el aula (4)</p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Tema IV (cont.)</i> <p>Horas presenciales en grupos reducidos (2) (sesión 7)</p> <ul style="list-style-type: none">- Revisión de EC3- Resolución y corrección de problemas en grupos reducidos <p>Horas no presenciales (2)</p> <ul style="list-style-type: none">- Preparación de la prueba de EC3 (revisión de teoría y problemas)
13	<p>Horas presenciales en el aula (4)</p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Tema V. Ondas guiadas por soporte físico. La línea de transmisión.</i> <p>Horas presenciales en grupos reducidos (2) (sesión 8)</p> <ul style="list-style-type: none">- Tutoría en grupos reducidos. Dudas y problemas de todo el curso <p>Horas no presenciales (2)</p> <ul style="list-style-type: none">- Revisar y redactar/formular preguntas sobre los temas vistos
14	<p>Horas presenciales en el aula (4)</p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Tema V (cont.)</i>.- <i>Prueba de Evaluación Continua EC4</i> (últimas dos horas presenciales en el aula) <p>Horas no presenciales (4)</p> <ul style="list-style-type: none">- Preparación de la prueba de EC4 (revisión de teoría y problemas)