

SEMESTRE	CRÉDITOS	CARÁCTER	TIPO DE ENSEÑANZA	IDIOMA DE IMPARTICIÓN
3º	4.5	Optativa	Presencial	Español
MÓDULO		Optatividad		
MATERIA		Electromagnetismo Computacional		
CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO		Escuela Internacional de Posgrado		
MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE		Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación		
CENTRO EN EL QUE SE IMPARTE LA DOCENCIA		Escuela Técnica Superior en Ingeniería Informática y Telecomunicaciones (ETSIIT)		
PROFESORES				
Jesús Francisco Fornieles Callejón				
DIRECCIÓN		Dpto. Electromagnetismo y Física de la Materia, 2ª planta, sección de Físicas, Facultad de Ciencias. Despacho Nª 111. Correo electrónico: jforniel@ugr.es		
TUTORÍAS		http://directorio.ugr.es		
COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS				
COMPETENCIAS BÁSICAS Y GENERALES				
<p>CB6: Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.</p> <p>CB7: Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.</p> <p>CB8: Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.</p> <p>CB9: Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.</p> <p>CB10: Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.</p> <p>CG4: Capacidad para el modelado matemático, cálculo y simulación en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Ingeniería de Telecomunicación y campos multidisciplinares afines.</p>				

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

CE2: Capacidad para desarrollar sistemas de radiocomunicaciones: diseño de antenas, equipos y subsistemas, modelado de canales, cálculo de enlaces y planificación.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

CT1: Capacidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar conocimientos.

CT2: Capacidad para saber comunicar (de forma oral y escrita) las conclusiones_ y los conocimientos y razones últimas que las sustentan_ a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CT3: Poseer habilidades para el aprendizaje continuado, autodirigido y autónomo.

OBJETIVOS O RESULTADOS DE APRENDIZAJE (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

1. Ser capaz de realizar modelos y simulación por ordenador utilizando las técnicas más usuales empleadas en electromagnetismo computacional.
2. Transferir conocimiento en tareas de investigación, desarrollo e innovación en el ámbito de la simulación numérica de problemas relacionados con la Ingeniería de las Telecomunicaciones (problemas de radiación y antenas, estudio de la propagación y transmisión de Ondas Electromagnéticas).
3. Ser capaz de analizar, caracterizar y optimizar dispositivos electromagnéticos. Ser capaz de resolver problemas electromagnéticos complejos mediante simulación en ordenador, integrando tecnologías y desarrollo de sistemas

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN LA MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL TÍTULO)

1. Introducción a los métodos numéricos. Métodos diferenciales. Métodos Integrales.
2. Aplicaciones: Planteamiento, modelado y simulación de problemas de radiación y propagación de ondas electromagnéticas.

TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

TEMARIO TEÓRICO:

1. Campos Electromagnéticos (revisión).
 - 1.1 Análisis Vectorial.
 - 1.2 Campo Eléctrico y Magnético en Medios Materiales
 - 1.3 Ecuaciones de Maxwell.
 - 1.4 Propagación y Radiación de Ondas Electromagnéticas.
2. Teoremas fundamentales.
3. Principales Métodos Numéricos en Electromagnetismo Computacional.
 - 3.1 Diferencias Finitas (FD).
 - 3.2 Diferencias Finitas en el Dominio del Tiempo (FDTD).
 - 3.3 Método de Modelado Mediante Líneas de Transmisión (TLM).
 - 3.4 Método de los Momentos (MoM).
 - 3.5 Método de los Elementos Finitos (FEM).



TEMARIO PRÁCTICO:

Seminarios/Talleres

1. Técnicas de Programación Eficientes.
2. Programación Utilizando Métodos Diferenciales (FD, FDTD).
3. Programación Utilizando el Método TLM.
4. Programación Utilizando el Método de los Momentos.
5. Cálculo de Campos Electromagnéticos de Dispersión y RCS.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO:

1. Método de los momentos en electrostática.
2. Método de los momentos en antenas de hilo.
3. Propagación de señales electromagnéticas en líneas de transmisión con pérdidas.
4. Interacción de ondas electromagnéticas con superficies conductoras complejas.
5. Campos retro-dispersados y Sección Recta de Radar (RCS).

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- *Computational Electromagnetics*, Thomas Rylander, Pär Ingelström, Anders Bondenson, Springer, 2nd Edition, 2013
- *Numerical Techniques in Electromagnetics with MATLAB*, Matthew N.O. Sadiku, CRC Press, 3rd Edition, 2015

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- *Computational Electromagnetics. Recent Advances and Engineering Applications*, Raj Mittra (editor), Springer, 2014.
- *Advanced Engineering Electromagnetics*, Balanis, C. A., 2nd Joh Wiley & Sons, 2012.

ENLACES RECOMENDADOS (OPCIONAL)

METODOLOGÍA DOCENTE

Se va a desarrollar una enseñanza orientada al aprendizaje basado en la resolución de problemas. Una vez expuestos de forma breve y concisa los fundamentos teóricos, el alumno pasará a la resolución mediante simulación por ordenador de los problemas que se irán planteando. Cada alumno, una vez alcanzadas las metas comunes, podrá marcar sus propios objetivos derivados del aprendizaje.



La asignatura contempla una duración de 115 horas (4.5 ECTS) de las cuales 45 son presenciales y 70 no presenciales. La actividad formativa **presencial** se planifica en:

Lección magistral/expositiva. Para transmitir a los alumnos los contenidos de las materias motivando al alumno a reflexionar, facilitándole el descubrimiento de las relaciones entre diversos conceptos y formarle una mentalidad crítica.

Horas: 15

Actividades prácticas. Para desarrollar en el alumnado las habilidades instrumentales de la materia.

Horas: 15

Seminarios. Para desarrollar en el alumnado las competencias cognitivas y procedimentales de la materia.

Horas: 8

Tutorías académicas. Que orientarán el trabajo autónomo y grupal del alumnado; y profundizarán en distintos aspectos de la materia y orientarán la formación académica integral del estudiante.

Horas: 2

Sesiones de Evaluación (5 horas)

La actividad formativa **no presencial** se planifica en:

Estudio y trabajo autónomo del alumno. Que favorecerá en el estudiante la capacidad para autorregular su aprendizaje, planificándolo, diseñándolo, evaluándolo y adecuándolo a sus especiales condiciones e intereses. (55 horas)

Tutorías académicas individuales (5 horas)

Estudio y trabajo en grupo. Que favorecerá en los estudiantes la generación e intercambio de ideas, la identificación y análisis de diferentes puntos de vista sobre una temática, la generación o transferencia de conocimiento y la valoración crítica del mismo. (10 horas)

Se aplicarán métodos activos con apelaciones frecuentes a la reflexión grupal y a la solución de problemas. Los contenidos se desarrollarán desde una perspectiva predominantemente aplicativa, no especulativa. Se facilitará a los alumnos documentos de apoyo o ampliación para la realización de las tareas y se les orientará en la realización de los trabajos individuales o en equipo. El profesor se compromete a:

- Estar a disposición de los alumnos durante y después del desarrollo de la asignatura.
- Posibilitar la expresión de las opiniones personales en todo momento.

EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

CONVOCATORIA ORDINARIA

La evaluación de la asignatura (modalidad evaluación continua) del estudiante se realizará atendiendo a las siguientes actividades:

- **Teoría:** Trabajo y evaluación en el aula de las actividades propuestas (35%).
- **Prácticas:** Entregas y evaluación en el aula (50%).
- **Presentación oral de trabajos:** Presentación oral de trabajos desarrollados de forma autónoma por los alumnos (15%).

Para superar la asignatura hay que obtener una calificación mínima de 5 puntos sobre 10 en cualquiera de las actividades evaluables.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

En la convocatoria extraordinaria la evaluación de la asignatura se realizará en una **única prueba final**. Esta **prueba única final** será una prueba escrita que contendrá preguntas relativas a la materia impartida en clase (teoría 35%,



prácticas 50%) y además incluirá la resolución mediante ordenador de un problema similar a los tratados en el programa práctico de la asignatura (15%).

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA **EVALUACIÓN ÚNICA FINAL** ESTABLECIDA EN LA *NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA*

Los alumnos que opten por la evaluación única final en la convocatoria ordinaria se realizará mediante una **única prueba final** el día que el Centro haya fijado para tal efecto en la misma forma que se ha descrito para la convocatoria extraordinaria.

ESCENARIO A (ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PRESENCIAL Y NO PRESENCIAL)

ATENCIÓN TUTORIAL

HORARIO

(Según lo establecido en el POD)

HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL

(Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)

<http://directorio.ugr.es>

En escenario semipresencial, salvo excepciones, se atenderán las tutorías por videoconferencia (Google Meet) o correo electrónico oficial. Las tutorías individuales tendrán lugar previa petición del estudiante. El profesor podrá proponer tutorías grupales, obligatorias u optativas, si lo estima oportuno como herramienta de retorno formativo en caso de que hubiera que impartir clases virtuales en modo asíncrono

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- La proporción entre clases virtuales y presenciales dependería del centro y circunstancias sanitarias. En las clases virtuales se concentraría la enseñanza de índole teórica, en las presenciales se primaría la impartición de seminarios y problemas.
- Las sesiones prácticas se realizan con ordenador, por lo que, preferentemente, se impartirán online para evitar contagios debidos a uso de laboratorios comunes de la ETSIIT.
- Las clases virtuales se impartirán utilizando las plataformas Google Meet o las que dicte la UGR en su momento. Se primará la impartición síncrona, aunque las circunstancias sanitarias (enfermedad del profesor o familiar, conciliación familiar,...) podrían imponer un escenario asíncrono, en cuyo caso se grabarían las clases presenciales, que serían compartidas por Google drive y se complementarían con actuaciones de seguimiento y retorno formativo específicas para ese fin (tutorías, tareas, entregas,...)
- Las plataformas descritas (Prado, Google Meet, Consigna UGR, Google Drive a través de cuenta @go.ugr, correo institucional,...) son las actualmente autorizadas por la UGR. Podrían verse modificadas si las instrucciones de la UGR al respecto cambiasen durante el curso.
- Como medida adicional, se prestaría especial atención en facilitar material docente a los estudiantes a través de la plataforma Prado, Consigna UGR y/o Google Drive.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

Convocatoria Ordinaria

La evaluación de la asignatura (modalidad evaluación continua) del estudiante se realizará atendiendo a las siguientes



actividades:

- **Teoría:** Trabajo y evaluación de las actividades propuestas (35%).
- **Prácticas:** Entregas y evaluación (50%).
- **Presentación oral de trabajos:** Presentación oral de trabajos desarrollados de forma autónoma por los alumnos (15%).

Las pruebas tendrán lugar, si la situación lo permite, de forma presencial. La prueba final de prácticas también se llevaría a cabo de forma presencial. Si no fuese posible, las pruebas se plantearían como entregas secuenciadas de respuestas y soluciones de problemas que se realizarán a través de la plataforma Prado Examen, Google Meet, siempre siguiendo las instrucciones que dictase la UGR en su momento.

Convocatoria Extraordinaria

Esta **prueba única final** será una prueba escrita que contendrá preguntas relativas a la materia impartida en clase (teoría 35%, prácticas 50%) y además incluirá la resolución mediante ordenador de un problema similar a los tratados en el programa práctico de la asignatura (15%).

La prueba se realizará en modo presencial. Si no fuese posible, se llevaría a cabo como conjunto de entregas secuenciadas a través de la plataforma PRADO, Google Meet, siempre siguiendo las instrucciones que se dicten al respecto por la UGR.

Evaluación Única Final

La evaluación única final se realizará mediante **prueba única final** que será una prueba escrita que contendrá preguntas relativas a la materia impartida en clase (teoría 35%, prácticas 50%) y además incluirá la resolución mediante ordenador de un problema similar a los tratados en el programa práctico de la asignatura (15%).

La prueba se realizará en modo presencial. Si no fuese posible, se llevaría a cabo como conjunto de entregas secuenciadas a través de la plataforma PRADO, Google Meet, siempre siguiendo las instrucciones que se dicten al respecto por la UGR.

ESCENARIO B (SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD PRESENCIAL)

ATENCIÓN TUTORIAL

HORARIO (Según lo establecido en el POD)	HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL (Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)
http://directorio.ugr.es	En escenario B, se atenderán las tutorías por videoconferencia (Google Meet) o correo electrónico oficial. Las tutorías individuales tendrán lugar previa petición del estudiante. El profesor podrá proponer tutorías grupales, obligatorias u optativas, si lo estima oportuno como herramienta de retorno formativo en caso de que hubiera que impartir clases virtuales en modo asíncrono

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- Todas las clases serían virtuales. Se impartirán utilizando las plataformas Google Meet o las que dicte la UGR en su momento. Se primará la impartición síncrona, aunque las circunstancias sanitarias (enfermedad del profesor o familiar, conciliación familiar,...) podrían imponer un escenario asíncrono,



en cuyo caso se grabarían las clases presenciales, que serían compartidas por Google drive y se complementarían con actuaciones de seguimiento y retorno formativo específicas para ese fin (tutorías, tareas, entregas,...)

- Las plataformas descritas (Prado, Prado Examen, Google Meet, Google Drive a través de cuenta @go.ugr, correo institucional,...) son las actualmente autorizadas por la UGR. Podrían verse modificadas si las instrucciones de la UGR al respecto cambiasen durante el curso.
- Como medida adicional, se prestaría especial atención en facilitar material docente a los estudiantes a través de la plataforma Prado, Consigna UGR y/o Google Drive.

MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

Convocatoria Ordinaria

- La distribución de pruebas y tareas evaluables sería la misma que en escenario A, pero dichas pruebas de evaluación continua se llevarían a cabo como entregas secuenciadas de respuestas y soluciones de problemas que se realizarán a través de la plataforma Prado Examen y Google Meet, siempre siguiendo las instrucciones que dictase la UGR en su momento.

Convocatoria Extraordinaria

- Examen final con preguntas teóricas, problemas (40%) y prácticas (60%) relativas a la materia impartida en clase.
- La prueba se realizará como conjunto de entregas secuenciadas a través de Google Meet y la plataforma Prado Examen, siempre siguiendo las instrucciones que dicte la UGR al respecto.

Evaluación Única Final

La evaluación consiste en:

- Examen final con preguntas teóricas, problemas (40%) y prácticas (60%) relativas a la materia impartida en clase.
- La prueba se llevaría a cabo como conjunto de entregas secuenciadas a través de la plataforma Prado Examen y Google Meet, siempre siguiendo las instrucciones que se dicten al respecto por la UGR.

