



## FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

<b>Datos de la asignatura</b>	
Nombre	Campos Electromagnéticos
Código	
Titulación	Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, GITI.
Curso	2º
Cuatrimestre	2º
Créditos ECTS	6 ECTS
Carácter	Básico
Departamento	Ingeniería Eléctrica
Área	
Universidad	Pontificia Comillas
Horario	
Profesores	Fidel Fernández Bernal, José Luis Rodríguez Marrero, Danilo Magistrali, Efraim Centeno Hernández, Constantino Malagón Luque.
Descriptor	

<b>Datos del profesorado</b>	
<b>Profesor/Coordinador</b>	
Nombre	José Luis Rodríguez Marrero
Departamento	Electrónica, Automática y Comunicaciones
Área	Electrónica
Despacho	D-216
e-mail	marrero@comillas.edu
Horario de Tutorías	Tardes de 16:00 a 18:00. De lunes a viernes

<b>Datos del profesorado</b>	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Fidel Fernández Bernal
Departamento	Ingeniería Eléctrica
Área	
Despacho	D-307
e-mail	fidelf@comillas.edu
Horario de Tutorías	De lunes a viernes

<b>Datos del profesorado</b>	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Constantino Malagón Luque
Departamento	Ingeniería Eléctrica
Área	
Despacho	D-301
e-mail	cmalagon@comillas.edu
Horario de Tutorías	De lunes a viernes

<b>Datos del profesorado</b>	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Daniilo Magistrali
Departamento	Matemática Aplicada
Área	
Despacho	D-201
e-mail	dmagistrali@comillas.edu
Horario de Tutorías	De lunes a viernes

<b>Datos del profesorado</b>	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Efraim Centeno Hernández
Departamento	Ingeniería Eléctrica
Despacho	Despacho en el IIT, Santa Cruz de Marcenado, 26
e-mail	efraim.centeno@iit.comillas.edu
Horario de Tutorías	De lunes a viernes

## **DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA**

<b>Contextualización de la asignatura</b>
<b>Aportación al perfil profesional de la titulación</b>
<p>El electromagnetismo es una de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza (fuerte, electromagnética, débil y gravitacional, por orden decreciente de intensidad). El conocimiento de los fundamentos de la teoría electromagnética es importante para entender gran parte de los fenómenos físicos que tienen lugar a nuestro alrededor, así como un sinnúmero de aplicaciones en ingeniería.</p> <p>Este es un curso de electromagnetismo de nivel intermedio en el que</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se repasa en profundidad los fundamentos de electrostática y magnetostática en el vacío y en medios materiales.</li> <li>• Se utilizan técnicas matemáticas potentes para resolver problemas en este y otros campos.</li> <li>• Se estudian los fundamentos de electrodinámica y sus consecuencias.</li> <li>• Se analizan diversas aplicaciones industriales del electromagnetismo.</li> </ul>
<b>Prerrequisitos</b>
Física básica

## Competencias - Objetivos

### Competencias Básicas y Generales

CG03. Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

CG04. Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.

### Competencias Específicas

CFB2. 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.

CRI4. Conocimiento y utilización de los principios de circuitos y máquinas eléctricas.

### Resultados de Aprendizaje

RA1. Comprender cualitativamente la naturaleza de los campos eléctricos y magnéticos en el vacío y en la materia. Efectos sobre la materia y caracterización de dichos materiales.

RA2. Modelar de forma sencilla sistemas complejos para el cálculo aproximado de campos y potenciales utilizando las leyes básicas del electromagnetismo.

RA3. Utilizar los operadores vectoriales para su uso en el ámbito de los campos.

RA4. Comprender de forma básica las ondas electromagnéticas y sus aplicaciones.

RA5. Calcular capacidades e inductancias en sistemas sencillos. Usar herramientas informáticas para el cálculo en sistemas complejos

## BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

### Contenidos – Bloques Temáticos

#### **Tema 1: Electrostática. Cargas y campos**

- 1.1. Ley de Coulomb
- 1.2. Campo eléctrico: concepto y representación vectorial
- 1.3. Ley de Gauss y aplicación al cálculo del campo eléctrico en simetrías plana, esférica y cilíndrica
- 1.4. Energía electrostática
- 1.5. Fuerza sobre una capa de carga

#### **Tema 2: Potencial eléctrico. Operadores vectoriales.**

- 2.1. Superficies equipotenciales y operador gradiente
- 2.2. Definición de potencial eléctrico
- 2.3. Divergencia y ley de Gauss diferencial
- 2.4. Ecuación de Poisson y Laplaciana.
- 2.5. Rotacional y teorema de Stokes

#### **Tema 3: Conductores.**

- 3.1. Características generales de los conductores
- 3.2. Teorema de unicidad de soluciones
- 3.3. Efecto pantalla
- 3.4. Método de las imágenes.
- 3.5. Metalizado de equipotenciales
- 3.6. Solución analítica de la ecuación de Laplace
- 3.7. Capacidad de conductores y condensadores
- 3.8. Energía almacenada en un condensador
- 3.9. Fuerzas sobre conductores y método de los trabajos virtuales para el cálculo de fuerzas
- 3.10. Cálculo del campo por métodos numéricos: método de relajación

#### **Tema 4: Campo eléctrico en medios materiales**

- 4.1. Polarización dieléctrica. Campos internos y externos
- 4.2. Condensadores con material dieléctrico
- 4.3. Momento dipolar eléctrico: campo de un dipolo, pares y fuerzas en un dipolo
- 4.4. Materiales polarizados y tipo de polarización
- 4.5. Vector desplazamiento eléctrico y aplicaciones
- 4.6. Aplicaciones industriales de la electrostática

#### **Tema 5: Corriente eléctrica**

- 5.1. Ley de Ohm
- 5.2. Densidad de corriente
- 5.3. Ley de Ohm vectorial
- 5.4. Cálculo general de resistencias
- 5.5. Ecuación de conservación de la carga y de continuidad
- 5.6. Ley de Joule
- 5.7. Teorías de la conducción eléctrica: teoría cinética y ondulatoria
- 5.8. Aplicaciones industriales

**Tema 6: Campo magnético en el vacío**

- 6.1. Definición del campo magnético
- 6.2. Campo y fuerzas producido por un hilo de corriente
- 6.3. Ley de Ampère
- 6.4. Láminas de corriente
- 6.5. Propiedades del campo magnético y teorema de unicidad
- 6.8. Ley de Biot-Savart diferencial
- 6.9. Vector potencial magnético

**Tema 7: Inducción electromagnética**

- 7.1. Ley de Faraday integral y diferencial
- 7.2. Fuerza magnética y tensión inducida
- 7.3. Autoinducción e inducción mutua
- 7.4. Aplicaciones industriales.

**Tema 8: Campos electromagnéticos en la materia**

- 8.1. Analogías entre magnetización y polarización
- 8.2. Momento dipolar magnético: campo de un dipolo, pares y fuerzas sobre un dipolo
- 8.3. Vector H intensidad de campo magnético y ley de Ampère
- 8.4. Materiales magnéticos. Curva B-H y ciclo de histéresis.
- 8.5. Corrientes de Foucault
- 8.6. Circuitos magnéticos
- 8.7. Aplicaciones industriales de la magnetostática. Análisis electromecánico de sistemas magnéticos con entrehierro. Fuerza en sistemas con movimiento lineal. Par en sistemas con movimiento giratorio. Conductores embebidos en materiales magnéticos
- 8.8. Métodos numéricos para la solución de problemas magnetostáticos complejos

**Tema 9: Ecuaciones de Maxwell y ondas electromagnéticas**

- 9.1. Ley de Ampère – Maxwell
- 9.2. Ecuaciones de Maxwell
- 9.3. Ecuación de ondas
- 9.4. Propiedades de las ondas electromagnéticas
- 9.5. Energía de una onda electromagnética y vector de Poynting.
- 9.6. Aplicaciones industriales.

## METODOLOGÍA DOCENTE

### Aspectos metodológicos generales de la asignatura

Cada clase de Campos Electromagnéticos tiene una duración de 50 minutos. Durante este tiempo se realizarán tres tipos de actividades:

#### Metodología Presencial: Actividades

1. **Presentación de conceptos básicos.** El profesor introduce en un tiempo máximo de 10 minutos un concepto o aplicación básica.
2. **Problemas de clase.** Los alumnos dedican varios minutos a intentar entender y a hacer el problema asignado que trata los conceptos explicados por el profesor. Por último, el profesor discute su solución.
3. **Repaso de problemas anteriores.** Discusión de los problemas de clase del día anterior.

#### Metodología No presencial: Actividades

1. **Repasar los conceptos de clase.** Esto se hace terminando los problemas de clase, que obligará a repasar los conceptos presentados por el profesor.
2. **Tareas.** Cada semana se asignarán dos o tres problemas que se discutirán en clase la semana siguiente. Estos problemas presentan cuestiones relacionadas con los conceptos trabajados en clase. Asimismo, se colgará la solución de la tarea en la página de la asignatura.

## RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO (aproximado)

### Horas presenciales

Lección magistral	Resolución de problemas	Prácticas laboratorio	Evaluación
34	26	0	8

### Horas no presenciales

Estudio autónomo teoría (T)	Resolución de Problemas (P)	Prácticas laboratorio (L)	Repaso y profundización (R)
44	29	0	47

**Créditos ECTS: 6 (180 horas)**

## EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

TEORÍA		
Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	PESO
1 Prueba de seguimiento Examen intersemestral	<ul style="list-style-type: none"><li>- Comprensión de conceptos.</li><li>- Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li><li>- Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.</li><li>- Presentación y comunicación escrita.</li></ul>	40%
Examen Final	<ul style="list-style-type: none"><li>- Comprensión de conceptos.</li><li>- Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li><li>- Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.</li><li>- Presentación y comunicación escrita.</li></ul>	60%

### Calificaciones.

#### Calificaciones

##### Convocatoria Ordinaria

- Nota Final Ordinaria = 10% de prueba de seguimiento + 30% nota de examen intersemestral + 60% nota del examen final.
- El examen intersemestral se celebrará la semana 8 del curso.

##### Convocatoria Extraordinaria

- Nota Final Extraordinaria = 30% nota de prueba de seguimiento y examen intersemestral + 70% examen de Julio.

## PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA

Cada semana puede tener actividades de dos tipos: (1) Trabajo presencial en el aula, (2) Trabajo no presencial. Dentro del trabajo no presencial, se distinguen 3 tipos de actividades: estudio autónomo de la Teoría (T), resolución de Problemas (P), y Repaso y profundización (R).

**Las pruebas de seguimiento de la teoría se han resaltado en negrita.**

Semana	Presencial			No presencial			Total horas
	Temas	Teo	Prob.	T	P	R	
1	Presentación, 1	2.5	1.5	4	3	2	13
2	1, 2	2	2	3	2	2	11
3	2, 3	2.5	1.5	4	2	3	13
4	<b>3, examen</b>	3	1	2	2	2	10
5	3, 4	3	1	4	2	3	13
6	4	1.5	2.5	2	3	3	12
7	4, 5	2.5	1.5	4	3	2	13
8	<b>examen inter</b>	0	4	4	1	2	11
9	5, 6	1.5	0.5	3	1	2	8
10	6	3	1	4	1	3	12
11	6, 7	2.5	1.5	1	2	2	9
12	<b>7, examen</b>	3	1	2	1	3	10
13	7, 8	1.5	0.5	3	2	3	10
14	8	2.5	1.5	2	2	3	11
15	8, 9	3	1	2	2	2	10
Mayo	<b>Examen</b>		4			10	14
		34	26	44	29	47	<b>180</b>
		Total	60	Total	120		

## BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

### Bibliografía Básica

- E. M. Purcell. Electricidad y Magnetismo, 2ª edición. Reverté 1994.
- T.A. Moore. Six ideas that shaped physics, Unit. E. 2ª ed. McGraw-Hill