

Electromagnetismo

Guía de Aprendizaje – Información al estudiante

1. Datos Descriptivos

Asignatura	Electromagnetismo
Materia	M2 Física
Departamento responsable	Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones
Créditos ECTS	4,5
Carácter	Básico
Titulación	Graduado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación
Curso	2
Especialidad	No aplica

Curso académico	2014-2015
Semestre en que se imparte	Tercer Semestre: Septiembre a Enero
Idioma en que se imparte	Castellano
Página Web	http://www.gr.ssr.upm.es/eym

2. Profesorado

NOMBRE Y APELLIDO	DESPACHO	Correo electrónico
Miguel Calvo Ramón (Coord.)	C-412	miguel@gr.ssr.upm.es
Manuel Sierra Pérez	C-418	m.sierra.perez@gr.ssr.upm.es
Jose Manuel Fernández Gonzalez	C-416	jmfdez@gr.ssr.upm.es
Belén Galocha Iragüen	C-410	belen@gr.ssr.upm.es

3. Conocimientos previos requeridos para poder seguir con normalidad la asignatura

Asignaturas superadas	Física General I, Análisis Vectorial
Otros resultados de aprendizaje necesarios	Álgebra, Cálculo, Análisis de Circuitos

4. Objetivos de Aprendizaje

COMPETENCIAS ASIGNADAS A LA ASIGNATURA Y SU NIVEL DE ADQUISICIÓN		
Código	Competencia	Nivel
CG1-13	Todas las asignaturas del Plan de Estudios contribuyen en mayor o menor medida a la consecución de las competencias generales del perfil de egreso.	
CEB3	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.	3

LEYENDA: Nivel de adquisición 1: Básico
 Nivel de adquisición 2: Medio
 Nivel de adquisición 3: Avanzado

RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA			
Código	Resultado de aprendizaje	Competencias asociadas	Nivel de adquisición
RA1	Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes del electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.	CEB3	3
RA2	Capacidad de razonar científicamente y poder resolver problemas a partir de las leyes básicas del Electromagnetismo.	CEB3	3
RA3	Adquisición de los conocimientos cualitativos y cuantitativos de los fenómenos electromagnéticos básicos, imprescindibles para poder iniciarse en el aprendizaje de los de mayor nivel de complejidad.	CEB3	3
RA4	Comprensión de los fenómenos naturales como base de conocimiento para las tecnologías actuales.	CEB3	2

LEYENDA: Nivel de adquisición 1: Conocimiento descriptivo
 Nivel de adquisición 2: Compresión/Aplicación
 Nivel de adquisición 3: Análisis/Síntesis/Implementación

5.Sistema de evaluación de la asignatura

INDICADORES DE LOGRO		
Ref	Indicador	Relacionado con RA
I1	Conocer las magnitudes vectoriales, su representación en sistemas de coordenadas generalizadas (aplicación a cartesianas, cilíndricas y esféricas) y las operaciones básicas con ellas: integración, circulación y flujo	RA2

INDICADORES DE LOGRO		
Ref	Indicador	Relacionado con RA
I2	Conocer los Operadores vectoriales, gradiente, divergencia y rotacional. Conocer el Operador Nabla y Teoremas de Gauss y de Stokes	RA2
I3	Conocer las Densidades de Carga, las Densidades de Corriente y la Ecuación de Continuidad	RA2, RA3, RA4
I4	Conocer las Ecuaciones de Maxwell y la forma integral de las mismas.	RA1
I5	Conocer la Caracterización de los medios materiales, la Ley de Ohm, la Constante de relajación y las Unidades y Dimensiones de las magnitudes.	RA1, RA2
I6	Conocer la definición de los campos E y B . Conocer la definición de la Energía Electromagnética. Conocer las Condiciones de Salto de los campos.	RA1, RA2, RA3, RA4
I7	Conocer las ecuaciones de la Electrostática. Conocer el Campo Eléctrostático en un conductor.	RA1, RA2, RA3, RA4
I8	Conocer la Ley de Gauss y el Campo de una carga puntual. Conocer el Método de Superposición y la expresión del campo obtenida por aportaciones infinitesimales	RA1, RA2, RA3, RA4
I9	Conocer el cálculo del Campo creado por distribuciones de carga con simetría esférica, cilíndrica o plana. Conocer el Campo creado por una esfera de carga, una línea de carga indefinida y una hoja de carga.	RA2, RA3
I10	Conocer la definición del Potencial, su sentido físico y su continuidad. Conocer las Ecuaciones de Poisson y Laplace y las condiciones de contorno para la unicidad del potencial.	RA1, RA2, RA3, RA4
I11	Conocer la integración de la Ecuación de Poisson para una carga puntual y el potencial de una carga puntual. Conocer la aplicación del Método de Superposición y la expresión del potencial obtenido por aportaciones infinitesimales	RA1, RA2, RA3, RA4
I12	Conocer el Teorema de la Media; el cálculo del Potencial y del Campo de distribuciones multipolares; el del Dipolo y el desarrollo multipolar del potencial. Conocer el Método de las Imágenes.	RA1, RA2, RA3, RA4
I13	Conocer los sistemas electrostáticos de conductores, los Coeficientes de Capacidad y el Teorema de Reciprocidad. Conocer los conceptos de Capacidad y apantallamiento. Conocer el concepto de Condensador.	RA1, RA2, RA3, RA4



INDICADORES DE LOGRO		
Ref	Indicador	Relacionado con RA
I14	Conocer el concepto de Energía Electroestática. Saber calcular la energía de un sistema electrostático de conductores. Conocer la Energía de Formación y la de Interacción	RA1, RA2, RA3, RA4
I15	Conocer las Ecuaciones del Campo Estacionario y las propiedades de las Corrientes Estacionarias. Conocer los conceptos de Generadores y de la Fuerza Electromotriz. Conocer el concepto de Conductor Perfecto. Conocer las Condiciones de Contorno en las interfases.	RA1, RA2, RA3, RA4
I16	Conocer el concepto de Resistencia, el procedimiento de cálculo de la Resistencia y la dualidad Resistencia / Capacidad	RA1, RA2, RA3, RA4
I17	Conocer las Ecuaciones de la Magnetostática. Conocer la definición del Potencial vector magnético y la solución para el Potencial vector magnético. Conocer la Ley de Biot y Savart para el cálculo del campo. Conocer el cálculo del campo de una espira circular y de un solenoide cilíndrico	RA1, RA2, RA3, RA4
I18	Conocer la Ley de Ampère y su aplicación al cálculo del campo de la línea de corriente indefinida, del hilo de corriente y del cable coaxial. Conocer cómo aplicar la Ley de Ampere para obtener el campo magnético de un solenoide indefinido y de una hoja de corriente.	RA1, RA2, RA3, RA4
I19	Conocer el cálculo del Potencial Vector en puntos alejados y el concepto de Momento Magnético. Conocer el cálculo del Campo Magnético en puntos alejados y el del Momento Magnético de espiras planas.	RA1, RA2, RA3, RA4
I20	Conocer la Energía del Campo Magnetostático. Conocer el cálculo de la Energía en función de las corrientes y su aplicación a la obtención de la Energía de la distribución de corriente filiforme. Conocer los conceptos de Energía de Formación y Energía de Interacción. Conocer los Sistemas de corrientes filiformes y los Coeficientes de Inducción. Conocer el cálculo de los Coeficientes de Inducción de corrientes no filiformes. Conocer los conceptos de Autoinducción interna y externa de una distribución de corrientes. Conocer las fuerzas magnéticas	RA1, RA2, RA3, RA4
I21	Conocer las Ecuaciones de la electrodinámica y los Potenciales electrodinámicos. Conocer el Potencial de una corriente puntual. Conocer los conceptos de Onda progresiva, de Onda regresiva y de Retardo.	RA1, RA2, RA3, RA4



POLITÉCNICA



INDICADORES DE LOGRO		
Ref	Indicador	Relaciona- do con RA
I22	Conocer la Variación temporal lenta, la Ley de Faraday y la justificación de los lemas de Kirchoff	RA1, RA2, RA3, RA4



EVALUACION SUMATIVA			
Breve descripción de las actividades evaluables	Momento	Lugar	Peso en la calif.
Resolución y entrega de ejercicios	Semanas 1 a 15	Aula	5
Asistencia y participación en clase	Semanas 1 a 15	Aula	5
Evaluación Tema 1 y 2	Semana 4	Aula	5
Evaluación Tema 3a	Semana 8	Aula	5
Evaluación Tema 3b y 4	Semana 11	Aula	5
Evaluación Tema 5 y 6	Semana 15	Aula	5
Examen final teórico de toda la asignatura			70
			Total: 100%

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN
Los alumnos serán evaluados, por defecto, mediante evaluación continua. La calificación de la asignatura se realizará del siguiente modo: NOTA FINAL = 5% Resolución y entrega de ejercicios + 5% Asistencia y participación en clase + 20% Controles de conocimientos + 70 % Evaluación examen final. La calificación final se obtendrá a partir de 4 componentes: El trabajo personal del alumno, las notas obtenidas en los controles de los temas, la asistencia y participación en clase y el examen final En cumplimiento de la Normativa de Evaluación de la Universidad Politécnica de Madrid, los alumnos que lo deseen serán evaluados mediante un único examen final siempre y cuando lo comuniquen al Director del Departamento de SSR mediante solicitud presentada en el registro de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación antes del día 21 de octubre. Esta opción supone la renuncia a la evaluación continua.

6.Contenidos y Actividades de Aprendizaje

CONTENIDOS ESPECÍFICOS		
Bloque / Tema / Capítulo	Apartado	Indicadores Relacionados
Tema 1: Introducción	1.1 Revisión del álgebra vectorial: Sistemas de coordenadas	I1, I2
	1.2 Gradiente, divergencia y rotacional Teoremas de Gauss y Stokes El operador Nabla (3h)	
Tema 2: Ecuaciones Generales del Electromagnetismo	2.1 Densidad de carga. Densidad de corriente. Ecuación de continuidad (1h)	I3
	2.2 Ecuaciones de Maxwell. Ecuaciones de Maxwell en forma integral (1h)	I4
	2.3 Caracterización de medios materiales. Ley de Ohm. Constante de relajación. Unidades y dimensiones (1h)	I5
	2.4 Definición de los campos $\mathbf{E}$ y $\mathbf{B}$. Energía. Condiciones de salto. (2h)	I6
	2.5 Ejercicios (2h)	
Tema 3: Campo Electrostático	3.1 Ecuaciones de la Electrostática. Campo eléctrico en un conductor (1h)	I7
	3.2. Ley de Gauss. Campo de una carga puntual. Superposición y expresión del campo por aportaciones infinitesimales (1h)	I8
	3.3. Distribuciones con simetría esférica, cilíndrica o plana. Esfera, línea de carga indefinida y hoja de carga. Ejercicios (1h)	I9
	3.4. Definición del potencial: Sentido físico y continuidad. Ecuaciones de Poisson y Laplace. Condiciones de contorno para unicidad del potencial. (2h)	I10
	3.5. Integración de la ecuación de Poisson para una carga puntual. Potencial de una carga puntual.	I11



	Superposición y expresión del potencial por aportaciones infinitesimales (2h)	
	3.6 Ejercicio de cálculo del campo E y del potencial de una distribución esférica de carga utilizando el método de Gauss, integración de la ecuación de Poisson y aportaciones infinitesimales. Ejercicio del cálculo del potencial en el eje de un disco de carga uniforme. Ejercicio del cálculo del potencial de una línea de carga uniforme. Potenciales de distribuciones bidimensionales (3h)	
	3.7 Teorema de la media; Potencial y campo de distribuciones multipolares; Dipolo, desarrollo multipolar del potencial (2h).	I12
	3.8 Método de las imágenes (1h)	I12
	3.9 Sistemas electrostáticos de conductores. Coeficientes de Capacidad; Teorema de Reciprocidad. Capacidad y apantallamiento. Condensador. (2h)	I13
	Energía electrostática. Energía de un sistema electrostático de conductores. Energía de formación e interacción. (2h)	I14
Tema 4: Corrientes estacionarias	Ecuaciones del Campo Estacionario; Propiedades de las Corrientes Estacionarias; Generadores; Fuerza electromotriz; Conductor Perfecto; Condiciones de contorno en interfases (2h)	I15
	Resistencia; Ejemplos; Dualidad R/C; Ejercicios (1h)	I16
Tema 5: Campo magnético estacionario	Ecuaciones de la Magnetostática; Definición del Potencial vector magnético; Solución del Potencial vector magnético; Ley de Biott y Savart; (2h)	I17
	Ejercicios. Campo de la espira circular; Solenoide cilíndrico finito. (1h)	
	Ley de Ampère: Aplicación a la línea de corriente indefinida, al hilo de corriente y al cable coaxial; Aplicación al solenoide indefinido y hoja de corriente.(2h)	I18



	Potencial vector en puntos alejados; Momento magnético; Campo magnético en puntos alejados; Momento magnético de espiras planas.(1h)	I19
	Energía del campo magnetostático; Energía en función de las corrientes y Energía de la distribución de corriente filiforme; Energía de formación e interacción; Sistemas de corrientes filiformes y coeficientes de inducción; Coeficientes de inducción de corrientes no filiformes; Autoinducción interna y externa de una distribución; Fuerzas magnéticas Ejemplos. (3h)	I20
Tema 6. Electrodinámica y variación temporal lenta.	Ecuaciones de la electrodinámica; Potenciales electrodinámicos; Potencial de una corriente puntual; Onda progresiva y regresiva; Retardo; (2h)	I21
	Variación temporal lenta; Ley de Faraday; Lemas de Kirchoff. Ejercicios (4h)	I22
	= 45 horas	

7. Breve descripción de las modalidades organizativas utilizadas y de los métodos de enseñanza empleados

CLASES DE TEORIA	El profesor explicará de forma magistral la materia que corresponda, ilustrándola con ejemplos. El alumno dispondrá con anterioridad de la documentación correspondiente. El profesor resolverá las dudas que hayan surgido bien del estudio previo que hayan realizado bien de la explicación en clase.
CLASES DE PROBLEMAS	Se programarán sesiones específicas de resolución de ejercicios cuyos enunciados se habrán entregado con anterioridad para que los alumnos hayan podido trabajar sobre ellos. Durante la sesión los alumnos participaran proponiendo sus soluciones.
PRÁCTICAS	No se contemplan
TRABAJOS AUTONOMOS	Se propondrán ejercicios para que los alumnos los resuelvan de forma autónoma y los entreguen para su corrección y evaluación.
TRABAJOS EN GRUPO	No se contemplan
TUTORÍAS	Se realizarán según la normativa vigente. Los alumnos concertarán con el profesor fecha y lugar para la tutoría.

8. Recursos didácticos

RECURSOS DIDÁCTICOS	
BIBLIOGRAFÍA	Apuntes de Electricidad y Magnetismo, M.Calvo, J.L.Fernández Jambrina, L.de Haro, F. Las Heras. Editorial, ETSIT-UPM 1996.
	Ingeniería electromagnética. Campos y Ondas, Carl T.A. Johnk. Editorial Limusa, 1992
	Campos y Ondas Electromagnéticas, P. Lorrain, D. Corson. Editorial Selecc. Científicas, 1972.
	Field and Waves in Communication Electronics, S. Ramo, J.R. Whinnery, T. Van Duzer. Editorial Wiley, 1993.
	Electrodinámica y propagación de ondas de radio, V.V.Nikolski. Editorial MIR. 1976
	Engineering Electromagnetics, W.H. Hayt. Editorial McGraw-Hill, 1989.
	Física tomo II (Lectures on Physics), Feyman, Leighton, Sands. Editorial Addison-Wesley, 1987.
RECURSOS WEB	Web de la asignatura: http://www.gr.ssr.upm.es/docencia/grado/eym/
	Moodle de la asignatura: http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=1156
EQUIPAMIENTO	Aulas: designadas por Jefatura de Estudios con cañón de proyección

9. Cronograma de trabajo de la asignatura

Semana	Actividades en Aula	Trabajo Individual	Trabajo en Grupo	Actividades de Evaluación	Otros
Semana 1 (8 horas)	Revisión del álgebra vectorial: Sistemas de coordenadas. Gradiente, divergencia y rotacional. Teoremas de Gauss y Stokes. El operador Nabla (3 horas)	Estudio teórico del tema. Resolución de ejercicios propuestos en clase para entregar al profesor (5 h)			
Semana 2 (8 horas)	Densidad de carga. Densidad de corriente. Ecuación de continuidad. Ecuaciones de Maxwell. Ecuaciones de Maxwell en forma integral. Caracterización de medios materiales. Ley de Ohm. Constante de relajación. Unidades y dimensiones. (3 horas)	Estudio teórico del tema. Resolución de ejercicios propuestos en clase para entregar al profesor (5 h)			



POLITÉCNICA



Semana 3 (8 horas)	Definición de los campos E y B . Energía. Condiciones de salto. Ejercicios (3 horas)	Estudio teórico del tema. Resolución de ejercicios propuestos en clase para entregar al profesor (5 h)			
Semana 4 (8 horas)	Ejercicios. Ecuaciones de la Electrostática. Campo eléctrico en un conductor. Ley de Gauss. Campo de una carga puntual. Superposición y expresión del campo por aportaciones infinitesimales (2 horas)	Estudio teórico del tema. Resolución de ejercicios propuestos en clase para entregar al profesor (5 h)		Evaluación (1h)	
Semana 5 (8 horas)	Distribuciones con simetría esférica, cilíndrica o plana. Esfera, línea de carga indefinida y hoja de carga. Ejercicios- Definición del potencial: Sentido físico y continuidad. Ecuaciones de Poisson y Laplace. Condiciones de contorno para unicidad del potencial. (3 horas)	Estudio teórico del tema. Resolución de ejercicios propuestos en clase para entregar al profesor (5 h)			



POLITÉCNICA



Semana 6 (8 horas)	Integración de la ecuación de Poisson para una carga puntual. Potencial de una carga puntual. Superposición y expresión del potencial por aportaciones infinitesimales. Ejercicio de cálculo del campo $\mathbf{E}$ y del potencial de una distribución esférica de carga utilizando el método de Gauss. (3 horas)	Estudio teórico del tema. Resolución de ejercicios propuestos en clase para entregar al profesor (5 h)			
Semana 7 (8 horas)	Integración de la ecuación de Poisson y aportaciones infinitesimales. Ejercicio del cálculo del potencial en el eje de un disco de carga uniforme. Ejercicio del cálculo del potencial de una línea de carga uniforme. Potenciales de distribuciones bidimensionales. Teorema de la media; (3 horas)	Estudio teórico del tema. Resolución de ejercicios propuestos en clase para entregar al profesor (5 h)			



Semana 8 (8 horas)	Potencial y campo de distribuciones multipolares; Dipolo, desarrollo multipolar del potencial. Método de las imágenes. Sistemas electrostáticos de conductores. Coeficientes de Capacidad; (2 horas)	Estudio teórico del tema. Resolución de ejercicios propuestos en clase para entregar al profesor (5 h)		Evaluación (1h)	
Semana 9 (8 horas)	Teorema de Reciprocidad. Capacidad y apantallamiento. Condensador. Energía electrostática. Energía de un sistema electrostático de conductores. Energía de formación e interacción. (3 horas)	Estudio teórico del tema. Resolución de ejercicios propuestos en clase para entregar al profesor (5 h)			
Semana 10 (8 horas)	Ecuaciones del Campo Estacionario; Propiedades de las Corrientes Estacionarias; Generadores; Fuerza electromotriz; Conductor Perfecto; Condiciones de contorno en interfases. Resistencia; Ejemplos; Dualidad R/C; Ejercicios (3 horas)	Estudio teórico del tema. Resolución de ejercicios propuestos en clase para entregar al profesor (5 h)			



POLITÉCNICA



Semana 11 (8 horas)	Ecuaciones de la Magnetostática; Definición del Potencial vector magnético; Solución del Potencial vector magnético; Ley de Biot y Savart. Ejercicios. Campo de la espira circular; Solenoide cilíndrico finito. (2 horas)	Estudio teórico del tema. Resolución de ejercicios propuestos en clase para entregar al profesor (5 h)		Evaluación (1h)	
Semana 12 (8 horas)	Ley de Ampère: Aplicación a la línea de corriente indefinida, al hilo de corriente y al cable coaxial; Aplicación al solenoide indefinido y hoja de corriente. Potencial vector en puntos alejados; Momento magnético; Campo magnético en puntos alejados; Momento magnético de espiras planas. (3 horas)	Estudio teórico del tema. Resolución de ejercicios propuestos en clase para entregar al profesor (5 h)			



POLITÉCNICA



Semana 13 (8 horas)	Energía del campo magnetostático; Energía en función de las corrientes y Energía de la distribución de corriente filiforme; Energía de formación e interacción; Sistemas de corrientes filiformes y coeficientes de inducción; Coeficientes de inducción de corrientes no filiformes; Autoinducción interna y externa de una distribución; Fuerzas. Ejemplos. (3 horas)	Estudio teórico del tema. Resolución de ejercicios propuestos en clase para entregar al profesor (5 h)			
Semana 14 (8 horas)	Ecuaciones de la electrodinámica; Potenciales electrodinámicos; Potencial de una corriente puntual; Onda progresiva y regresiva; Retardo; Variación temporal lenta; (3 horas)	Estudio teórico del tema. Resolución de ejercicios propuestos en clase para entregar al profesor (5 h)			

Semana 15 Última semana lectiva (8 horas)	Ley de Faraday. Lemas de Kirchoff. Ejercicios (2 horas)	Estudio teórico del tema. Resolución de ejercicios propuestos en clase para entregar al profesor (5 h)		Evaluación (1h)	
---	--	--	--	-----------------	--

Nota: Para cada actividad se especifica la dedicación en horas que implica para el alumno. Las semanas reseñadas lo son de docencia efectiva (no las semanas de calendario).

