



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de Minas y  
Energía

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**65001012 - Electromagnetismo**

### PLAN DE ESTUDIOS

06TM - Grado En Ingeniería En Tecnología Minera

### 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.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	14

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	65001012 - Electromagnetismo
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Tercer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	06TM - Grado en Ingeniería en Tecnología Minera
<b>Centro responsable de la titulación</b>	06 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Minas Y Energía
<b>Curso académico</b>	2023-24

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Ana Isabel Bayon Rojo (Coordinador/a)	402	anaisabel.bayon@upm.es	L - 11:00 - 14:00 J - 11:00 - 14:00
Felix Jose Salazar Bloise	401	felixjose.salazar@upm.es	Sin horario.
Miguel Angel Porras Borrego	408	miguelangel.porras@upm.es	Sin horario.
Rafael Medina Ferro	410	rafael.medina@upm.es	X - 10:00 - 13:00 J - 10:00 - 13:00

Raul Garcia Alvarez	407	raul.galvarez@upm.es	Sin horario.
---------------------	-----	----------------------	--------------

\* 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

- Calculo I
- Fisica Ii
- Calculo Ii

#### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Dominio de operaciones en campos escalares y vectoriales

### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

#### 4.1. Competencias

CG 1 - Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Tecnología Minera.

CG 10 - Creatividad.

CG 2 - Poseer capacidad para diseñar, analizar, calcular, proyectar, construir, mantener, conservar, explotar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos de las Tecnologías Mineras, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales apropiadas, incluyendo la función de asesoría en estos campos.

CG 3 - Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas dentro de contextos amplios y multidisciplinares, siendo capaces de integrar conocimientos, trabajando en equipos multidisciplinares.

CG 6 - Poseer habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando a lo largo de la vida para su adecuado desarrollo profesional

F17 - Conocimientos fundamentales sobre el sistema eléctrico de potencia: generación de energía, red de transporte, reparto y distribución, así como sobre tipos de líneas y conductores. Conocimiento de la normativa sobre baja y alta tensión. Conocimiento de electrónica básica y sistemas de control.

F8 - Comprensión de los conceptos de aleatoriedad de los fenómenos físicos, sociales y económicos, así como de incertidumbre.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA64 - Formular y comprender los modelos matemáticos que expresan las leyes del electromagnetismo.

RA65 - Comprender las leyes del electromagnetismo como base de las máquinas e instalaciones eléctricas.

RA66 - Adquirir técnicas para plantear, analizar y resolver problemas de electromagnetismo.

RA67 - Aplicar técnicas experimentales relacionadas.

RA68 - Medir y analizar datos experimentales y su incertidumbre.

RA63 - Conocer los principios físicos de la teoría electromagnética y su aplicación a la resolución de problemas reales en ingeniería.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

En Física se comienza por establecer unas leyes generales que nos permitan entender y describir el movimiento de los cuerpos. Conseguido esto, un segundo paso consiste en describir la causa o causas que dan lugar a los movimientos, a las que denominamos **interacciones**. El electromagnetismo es debido a la denominada interacción **electromagnética**, con origen en una propiedad asociada a la materia que denominamos "carga eléctrica". Posiblemente sea esta interacción, debido a su acción entre átomos y moléculas, unidades básicas en la composición de la materia, la más importante de las que por el momento son consideradas como responsables de los distintos fenómenos físicos. **Al estudio de esta interacción se dedica esta asignatura.** Se parte de las ecuaciones de Maxwell que describen por completo, junto con la fuerza de Lorentz, los fenómenos electromagnéticos. Primero se estudian los campos eléctricos y magnéticos en condiciones estacionarias, tanto en el vacío como en medios materiales. El programa continua con el estudio de los fenómenos de inducción electromagnética y corrientes variables. Finalmente, se presenta una introducción a la propagación de ondas electromagnéticas y a los principios de la relatividad restringida.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Ecuaciones de Maxwell
  - 1.1. Planteamiento del problema
  - 1.2. La interacción electromagnética
  - 1.3. Las ecuaciones de Maxwell
2. Electrostática y corriente eléctrica
  - 2.1. Carga y campo eléctricos
  - 2.2. Conductores
  - 2.3. Dieléctricos
  - 2.4. Condensadores. Energía
  - 2.5. Corriente continua
  - 2.6. Circuitos de corriente continua
3. Magnetostática y magnetismo de la materia
  - 3.1. El campo magnético
  - 3.2. La fuerza de Lorentz
  - 3.3. Campo magnético estacionario
  - 3.4. La ley de Ampère
  - 3.5. Los potenciales magnéticos
  - 3.6. La ley de Biot y Savart
  - 3.7. Fuerza sobre una corriente
  - 3.8. El magnetismo de la materia
  - 3.9. Corrientes de magnetización
  - 3.10. Campo magnético H
  - 3.11. Tipos de magnetismo. Susceptibilidad y permeabilidad magnéticas
  - 3.12. Ferromagnetismo. Aplicaciones
4. Inducción electromagnética
  - 4.1. Fuerza electromotriz inducida
  - 4.2. Inducción electromagnética debida al movimiento

- 4.3. Ley de Inducción de Faraday
- 4.4. Autoinducción
- 4.5. Inducción mutua
- 4.6. Energía magnética
- 4.7. Aplicaciones
- 5. Corrientes variables; corriente alterna
  - 5.1. Corrientes lentamente variables en elementos lineales
  - 5.2. Voltaje entre terminales de elementos básicos
  - 5.3. Régimen transitorio y permanente
  - 5.4. Corriente alterna en régimen permanente
- 6. Propagación de ondas electromagnéticas
  - 6.1. La ecuación de ondas para los campos eléctrico y magnético
  - 6.2. Energía de una onda electromagnética
  - 6.3. Intensidad de una onda electromagnética
- 7. Relatividad restringida
  - 7.1. Origen de la relatividad
  - 7.2. Postulados de Einstein
  - 7.3. Transformaciones de Lorentz y consecuencias
  - 7.4. Dinámica relativista

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>T1. Ecuaciones de Maxwell</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T2. Electrostática y corriente eléctrica</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>T2. Electrostática y corriente eléctrica</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	<b>T2. Electrostática y corriente eléctrica</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	<b>T2. Electrostática y corriente eléctrica</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T3. Magnetostática y magnetismo de la materia</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	<b>T3. Magnetostática y magnetismo de la materia</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	<b>T3. Magnetostática y magnetismo de la materia</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	<b>T3. Magnetostática y magnetismo de la materia</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
8	<b>T3. Magnetostática y magnetismo de la materia</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
9	<b>T3. Magnetostática y magnetismo de la materia</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T4. Inducción electromagnética</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			



10	<b>T4. Inducción electromagnética</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>Prueba de evaluación progresiva 1</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00
11	<b>T4. Inducción electromagnética</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T5. Corrientes variables y corriente alterna</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
12	<b>T5. Corrientes variables y corriente alterna</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
13	<b>T5. Corrientes variables y corriente alterna</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T6. Propagación de ondas electromagnéticas</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
14	<b>T6. Propagación de ondas electromagnéticas</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>T7. Relatividad restringida</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
15		<b>Prácticas de Laboratorio (la semana de realización de las prácticas dependerá de los grupos de laboratorio)</b> Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
16				<b>Evaluación del laboratorio</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 04:00
17				<b>Prueba de evaluación progresiva 2</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00  <b>Prueba de evaluación global</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 04:00

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
10	Prueba de evaluación progresiva 1	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	3.5 / 10	CG 1 CG 2 CG 6 CG 10
16	Evaluación del laboratorio	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	0%	/ 10	CG 1 F8
17	Prueba de evaluación progresiva 2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	/ 10	CG 1 CG 2 CG 3 CG 6 F8 F17 CG 10

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
16	Evaluación del laboratorio	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	0%	/ 10	CG 1 F8
17	Prueba de evaluación global	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	100%	/ 10	CG 1 CG 2 CG 3 CG 6 F8 F17 CG 10

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	100%	/ 10	CG 1 CG 2 CG 3 CG 6 F8 F17 CG 10
Laboratorio: Evaluación del laboratorio obtenida durante el curso. Actividad no recuperable.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	%	/ 10	CG 1 F8

## 7.2. Criterios de evaluación

### 1) CONVOCATORIA ORDINARIA

#### a) EVALUACIÓN (progresiva)

La evaluación progresiva consta de dos pruebas de evaluación E1 y E2, calificadas sobre 10 puntos, y de las prácticas de laboratorio (LAB), calificadas como "apto" o "no apto".

1) LAB: Realización de las prácticas de laboratorio y elaboración del informe de prácticas. La actividad es de realización OBLIGATORIA y no recuperable. La no realización de las prácticas de laboratorio en los días y horas que se asignen supondrá la calificación de "No presentado" en la asignatura, tanto en la convocatoria ordinaria como extraordinaria. La calificación del laboratorio será de "APTO" o "NO APTO". Si la calificación del laboratorio es "APTO" se considerará liberado para convocatorias posteriores.

2) E1: Realización de un ejercicio teórico-práctico de los temas 1 al 3, con resolución razonada de las cuestiones que se propongan, que cubra los indicadores de logro de la asignatura. Su peso en la calificación final es del 50% y se realizará hacia la semana 10 del curso. La prueba exige una calificación mínima de 3.5 sobre 10. De no superarse este mínimo, el estudiante no podrá realizar la prueba E2 y deberá realizar la prueba global de la asignatura.

3) E2: Realización de un ejercicio teórico-práctico de los temas 3 al 7, con resolución razonada de las cuestiones que se propongan, que cubra los indicadores de logro de la asignatura. Su peso en la calificación final es del 50% y se realizará en la fecha del examen ordinario de la asignatura. Para poder realizarla, la calificación de la prueba E1 deberá ser igual o superior a 3.5 sobre 10.

La calificación final de la asignatura será:

$$\text{Nota final} = 0,5 \cdot E1 + 0,5 \cdot E2$$

La calificación final podrá mejorarse mediante calificaciones que el profesor pueda obtener a partir de preguntas realizadas a lo largo de las clases regladas, de entrega de ejercicios propuestos o de la actividad desarrollada en el laboratorio.

Para superar la asignatura la "Nota final" deberá ser igual o superior a 5, con la condición adicional de haber realizado las prácticas de laboratorio en los días y horas que se asignen durante el curso (ACTIVIDAD OBLIGATORIA) y de haber obtenido la calificación de "APTO". Si el estudiante no realizase las prácticas de laboratorio, la "Nota final" será "No presentado".

En el caso de que el estudiante obtuviese la calificación de "NO APTO" en las prácticas de laboratorio (LAB) la calificación de la asignatura en la convocatoria ordinaria será el valor de la "Nota final", si esta es inferior a 5, o de 4.9 si el valor de "Nota final" es superior o igual a 5.

Sólo en el caso de que el estudiante obtenga una "Nota final" igual o superior a 5 y obtenga la calificación de "NO APTO" en el laboratorio, tendrá posibilidad de realizar un examen de laboratorio en la convocatoria extraordinaria para obtener la calificación de "APTO".

## b) PRUEBA DE EVALUACIÓN GLOBAL

La prueba de evaluación global (GLOBAL) consistirá en la realización de un ejercicio teórico-práctico que cubrirá todos los indicadores de logro de la asignatura y se puntuará sobre 10 puntos. Su peso en la calificación final es del 100% y se realizará en la fecha del examen ordinario de la asignatura.

Para poder superar la asignatura, deberá ser realizada por aquellos alumnos cuya nota mínima sea inferior a 3.5 en la prueba E1. Los alumnos que hayan superado el mínimo en la prueba 1, podrán optar por realizar esta prueba en lugar de la prueba E2, siempre que lo soliciten con al menos una semana de antelación en una aplicación que se abrirá en Moodle.

La calificación final de la asignatura será:

### **Nota final = GLOBAL**

Para superar la asignatura la "Nota final" deberá ser igual o superior a 5, con la condición adicional de haber realizado las prácticas de laboratorio en los días y horas que se asignen durante el curso (ACTIVIDAD OBLIGATORIA) y de haber obtenido la calificación de "APTO". Si el estudiante no realizase las prácticas de laboratorio, la Nota final será "No presentado".

En el caso de que el estudiante obtuviese la calificación de "NO APTO" en las prácticas de laboratorio (LAB), la calificación de la asignatura en la convocatoria ordinaria será el valor de la "Nota final", si esta es inferior a 5, o de 4.9 si el valor de "Nota final" es superior o igual a 5.

Sólo en el caso de que el estudiante obtenga una "Nota final" igual o superior a 5 y obtenga la calificación de "NO APTO" en el laboratorio, tendrá posibilidad de realizar un examen de laboratorio en la convocatoria extraordinaria para obtener la calificación de "APTO".

### **2) CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA**

Todos los alumnos que no hayan aprobado en la convocatoria ordinaria podrán presentarse a la convocatoria extraordinaria, con la condición adicional de haber realizado las prácticas de laboratorio en los días y horas que se asignen durante el curso (ACTIVIDAD OBLIGATORIA) y hayan obtenido la calificación de "APTO" en las mismas.

Sólo en el caso de que el estudiante hubiera obtenido una "Nota final" igual o superior a 5 en la convocatoria ordinaria y la calificación de "NO APTO" en el laboratorio, tendrá posibilidad de realizar únicamente un examen de laboratorio en la convocatoria extraordinaria para obtener la calificación de "APTO". De obtener dicha calificación de "APTO", la "Nota Final" será la que hubiera obtenido en la convocatoria ordinaria de haber obtenido "APTO" en el laboratorio. En el caso de que el resultado fuera "NO APTO", la calificación final en la convocatoria extraordinaria sería de 4.9.

La evaluación consistirá en un ejercicio teórico-práctico (EXAMEN), que cubrirá todos los indicadores de logro de la asignatura, y se puntuará sobre 10 puntos. La calificación final de la asignatura será:

### **Nota final = EXAMEN**

Para superar la asignatura la "Nota final" deberá ser igual o superior a 5, con la condición adicional de haber realizado las prácticas de laboratorio en los días y horas que se asignen durante el curso (ACTIVIDAD OBLIGATORIA) y de haber obtenido la calificación de "APTO". Si el estudiante no realizase las prácticas de laboratorio, la Nota final será "No presentado"

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Sears-Zemansky-Young-Freedman, Física Universitaria (Vol. 2). Pearson (2014)	Bibliografía	
The Feynmann lectures on Physics (Vol. 2) Fondo Educativo Interamericano (1972)	Bibliografía	
Tipler, Physics (Vol. 2) Freeman Worth (1999)	Bibliografía	
Cheng, Fundamentos de Electromagnetismo para ingeniería. Addison-Wesley Longman (1999)	Bibliografía	
Reitz-Milford- Christy, Fundamentos de la teoría electromagnética. Addison-Wesley (2008)	Bibliografía	
Páginas web de interés didáctico	Recursos web	
Plataforma Moodle: asignatura electromagnetismo	Recursos web	
Laboratorio de Física	Equipamiento	
Gascón, Bayón, Medina, Porras y Salazar, Electricidad y Magnetismo. Pearson - Prentice Hall (2004)	Bibliografía	

Félix Salazar Bloise, Ana Bayón Rojo, Física Experimental, Una guía de prácticas de electromagnetismo. Servicio de publicaciones Fundación Gómez-Pardo (2009).	Bibliografía	
Salazar Bloise, Medina Ferro, Bayón Rojo, Gascón Latasa, Solved Problems in Electromagnetics. Springer (2017)	Bibliografía	
Herramientas para impartición telemática de clases y tutorías	Recursos web	Microsoft Teams, Zoom

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

#### DESCRIPCION GENERAL DE LAS ACTIVIDADES EVALUABLES y DE LOS CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- Prácticas de laboratorio: calidad de las medidas y de la presentación, y análisis de resultados.
- Pruebas de evaluación: resoluciones correctas y bien razonadas.