



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería y Diseño  
Industrial

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**565000255 - Ampliacion De Maquinas Electricas**

### PLAN DE ESTUDIOS

56IE - Grado En Ingeniería Eléctrica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - 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.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	13
9. Otra información.....	14

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	565000255 - Ampliacion de Maquinas Electricas
<b>No de créditos</b>	4.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Quinto semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	56IE - Grado en Ingeniería Eléctrica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	56 - E.T.S. De Ingeniería Y Diseño Industrial
<b>Curso académico</b>	2025-26

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Fernando Alvarez Gomez (Coordinador/a)	A - 028	fernando.alvarez@upm.es	Sin horario.
Hussein Zeaiter Zeaiter	A - 030	h.zeaiter@upm.es	Sin horario.
Gregorio Denche Castejon	A-028	gregorio.denche@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

- Física II
- Teoría De Circuitos
- Maquinas Electricas

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

El plan de estudios Grado en Ingeniería Eléctrica no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE10 - Conocimiento y utilización de los principios de teoría de circuitos y máquinas eléctricas.

CG1 - Conocer y aplicar los conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Ingeniería Industrial

CG2 - Poseer la capacidad para diseñar, desarrollar, implementar, gestionar y mejorar productos, sistemas y procesos en los distintos ámbitos industriales, usando técnicas analíticas, computacionales o experimentales apropiadas

CG3 - Aplicar los conocimientos adquiridos para identificar, formular y resolver problemas en contextos amplios, siendo capaces de integrar los trabajando en equipos multidisciplinares

CG6 - Poseer las habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando a lo largo de toda la vida para un desarrollo profesional adecuado

CG7 - Incorporar las TIC y las tecnologías y herramientas de la Ingeniería Industrial en sus actividades profesionales.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA23 - Conocimiento del funcionamiento y aplicación de las máquinas eléctricas.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura complementa a la genérica de Máquinas Eléctricas de los Grados en Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Electrónica, Química y de Diseño Industrial. Profundiza en el funcionamiento de los transformadores, complementándose con transformadores especiales.

Se estudia el funcionamiento de la máquina síncrona y por último el de los motores monofásicos y motores paso a paso.

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Ampliación de transformadores.
  - 1.1. Corriente de vacío de un transformador.
  - 1.2. Armónicos de la corriente de vacío.
  - 1.3. Corriente de conexión de un transformador.
  - 1.4. Acoplamiento en paralelo de transformadores trifásicos.
  - 1.5. Transformadores con tomas de regulación.
2. Otros Transformadores.
  - 2.1. Autotransformadores.
  - 2.2. Transformadores de varios devanados.
  - 2.3. Transformación trifásica-bifásica, trifásica-hexafásica y dodecafásica.
  - 2.4. Transformadores de medida y protección.
3. Máquinas síncronas.
  - 3.1. Introducción y aspectos constructivos.

- 3.2. Sistemas de excitación.
- 4. Funcionamiento como alternador.
  - 4.1. Funcionamiento en vacío.
  - 4.2. Funcionamiento en carga. Reacción del inducido.
  - 4.3. Diagrama fasorial de un alternador. Regulación de tensión.
  - 4.4. Circuito equivalente. Método de Behn Eschemburg; Impedancia síncrona.
  - 4.5. Análisis no lineal de la máquina síncrona: método de Potier.
  - 4.6. Máquinas síncronas de polos salientes. Método de Blondel.
- 5. Funcionamiento del alternador acoplado a la red.
  - 5.1. Condiciones y maniobra de acoplamiento.
  - 5.2. Efecto de la variación de la intensidad de excitación y de la potencia motriz.
  - 5.3. Límites de funcionamiento.
  - 5.4. Funcionamiento en paralelo de alternadores.
- 6. Motor síncrono.
  - 6.1. Características y aplicaciones. Curvas en "V".
- 7. Motores monofásicos.
  - 7.1. Teorema de Leblanc.
  - 7.2. Motores asíncronos monofásicos.
    - 7.2.1. Motor de fase partida.
    - 7.2.2. Motor de espira de sombra o en cortocircuito.
  - 7.3. Motor universal
- 8. Motores paso a paso
  - 8.1. Motores de imanes permanentes.
  - 8.2. Motores de reluctancia variable.
  - 8.3. Motores híbridos.
  - 8.4. Motores paso a paso lineales.

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Presentación de la asignatura. Tema 1. Ampliación de transformadores</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Tema 1. Ampliación de transformadores</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 1. Ampliación de transformadores</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
3	<b>Tema 2. Otros transformadores.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 2.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Práctica 1. Normas del laboratorio y ensayo del transformador en carga.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Evaluación informe de la práctica</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 01:15
4	<b>Tema 2. Otros transformadores.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Prueba de teoría y problemas de ampliación de transformadores.</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación			<b>Prueba de teoría y problemas de ampliación de transformadores.</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00
5	<b>Tema 4. Máquina síncrona.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 4. Máquina síncrona.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica 2. Curvas características del alternador.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Evaluación informe de la práctica</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 01:15
6	<b>Tema 5. Funcionamiento como alternador.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 5. Funcionamiento como alternador.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			

7	<p><b>Tema 5. Funcionamiento como alternador.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 5. Funcionamiento como alternador.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Práctica 3. Ensayos de vacío y cortocircuito del alternador. Impedancia síncrona.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación informe de la práctica</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 01:15</p>
8	<p><b>Tema 5. Funcionamiento como alternador.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 5. Funcionamiento como alternador.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
9	<p><b>Tema 6. Funcionamiento del alternador acoplado a la red.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 6. Funcionamiento del alternador acoplado a la red.</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica 4. Acoplamiento de alternador a la red y ensayo de motor síncrono.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación informe de la práctica</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 01:15</p>
10	<p><b>Tema 6. Funcionamiento del alternador acoplado a la red.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 6. Funcionamiento del alternador acoplado a la red.</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
11	<p><b>Tema 8. Motor síncrono.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 8. Motor síncrono</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
12	<p><b>Tema 9: Motores monofásico</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 9: Motores monofásicos</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
13	<p><b>Tema 10. Motores paso a paso</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Prueba de teoría y problemas de la máquina síncrona y de motores monofásicos y paso a paso.</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>			<p><b>Prueba de teoría y problemas de la máquina síncrona y de motores monofásicos y paso a paso.</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p>

14	<b>Tema 10. Motores paso a paso</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
15				
16				
17				<b>Examen final incluido el examen de laboratorio.</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global 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.

## 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
3	Evaluación informe de la práctica	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	01:15	2.06%	5 / 10	CG1 CG2 CG3 CG6 CG7 CE10
4	Prueba de teoría y problemas de ampliación de transformadores.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	25%	4 / 10	CG1 CG2 CG3 CG6 CG7 CE10
5	Evaluación informe de la práctica	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	01:15	2.06%	5 / 10	CG1 CG2 CG3 CG6 CG7 CE10
7	Evaluación informe de la práctica	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	01:15	2.06%	5 / 10	CG3 CG6 CG7 CG1 CG2 CE10
9	Evaluación informe de la práctica	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	01:15	2.06%	5 / 10	CG1 CG2 CG3 CG6 CG7 CE10
13	Prueba de teoría y problemas de la máquina síncrona y de motores monofásicos y paso a paso.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	60%	4 / 10	CG1 CG2 CG3 CG6 CG7 CE10

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
3	Evaluación informe de la práctica	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	01:15	2.06%	5 / 10	CG1 CG2 CG3 CG6 CG7 CE10
5	Evaluación informe de la práctica	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	01:15	2.06%	5 / 10	CG1 CG2 CG3 CG6 CG7 CE10
7	Evaluación informe de la práctica	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	01:15	2.06%	5 / 10	CG3 CG6 CG7 CG1 CG2 CE10
9	Evaluación informe de la práctica	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	01:15	2.06%	5 / 10	CG1 CG2 CG3 CG6 CG7 CE10
17	Examen final incluido el examen de laboratorio.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	91.75%	5 / 10	CG1 CG2 CG3 CG6 CG7 CE10

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

La evaluación de la asignatura se llevará a cabo por cualquiera de los siguientes:

1. Evaluación progresiva
  2. Evaluación global, es decir por un camino o por el otro.
- Si se opta por la evaluación progresiva y no se supera, se puede ir a la evaluación global (convocatoria ordinaria).
  - Si no se aprueba por ninguno de los dos caminos anteriores se ha de aprobar mediante la convocatoria extraordinaria.
  - Tanto en la evaluación progresiva como en la evaluación global (ordinaria) y en la extraordinaria, para aprobar, la asistencia a las prácticas es obligatoria.
  - El alumno que apruebe por evaluación progresiva se puede presentar a la evaluación global para subir nota. En este caso la nota final obtenida será la de la evaluación global. Si la nota de la evaluación global fuera inferior a 5, la calificación final sería de 5.

### Evaluación progresiva:

- Se hacen dos exámenes parciales más las prácticas.
- Porcentaje de la nota: P1, 25%; P2, 60% y la nota de las prácticas 15 %.
- La nota de prácticas (que tiene un peso del 15 % en la nota final) está compuesta de la nota de los informes de prácticas (con un peso del 55%) y del examen de prácticas (con un peso del 45%).
- El examen de prácticas se hace el mismo día que se convoca el examen global (convocatoria ordinaria), al inicio del mismo. Es obligatorio presentarse al mismo y hay que sacar igual o mayor a 4 puntos sobre 10 para poder hacer media con los informes. Si no se aprueba la parte de prácticas por la nota del examen y se quiere liberar esta parte para otro año, se puede repetir el examen de prácticas en la convocatoria extraordinaria.
- La asistencia a todas las sesiones de laboratorio es obligatoria. Una o más faltas de asistencia no justificadas supone no aprobar la asignatura.
- Todos los exámenes parciales tienen parte de teoría y otra parte de problemas.
- Para hacer la media, la nota mínima de los parciales ha de ser igual o mayor a 4 puntos sobre 10 y la de las prácticas igual o mayor a 5 puntos sobre 10. Además, ninguna nota de los entregables de las prácticas puede ser inferior a 5 puntos sobre 10.
- Para aprobar, la media de todas las partes (P1, P2 y prácticas) ha de ser igual o mayor a 5 puntos sobre

10.

- Si se aprueba alguno de los dos parciales (con un 5 o más) y no se aprueba por evaluación progresiva, la nota del parcial aprobado se guarda hasta la convocatoria extraordinaria. Es decir, se libera el parcial aprobado y en la evaluación global y/o extraordinaria hay que examinarse sólo del parcial pendiente.
- Si en las prácticas se aprueban los informes o las prácticas enteras (informes más examen de prácticas), la nota se guarda indefinidamente para posibles futuros cursos salvo que cambie el programa de la asignatura en más de un 50%. Si sólo se aprueba el examen de prácticas, pero los informes no, se tienen que repetir las prácticas y no se guardará ninguna nota.
- En caso de no presentarse a alguno de los dos parciales de la evaluación progresiva, o de no hacer las prácticas y el examen de prácticas, la nota máxima que se puede obtener por esta vía no puede ser superior a un 4,5. En caso de no presentarse a ninguno de los dos exámenes parciales o después al examen global, la nota que aparecerá en actas será NO PRESENTADO.

#### **Evaluación global (convocatoria ordinaria):**

- Se hace un examen global con dos apartados (cada uno se corresponde con los contenidos de cada parcial) más las prácticas.
- Porcentaje de la nota: Examen global 85 % y la nota de las prácticas 15 %.
- La nota de prácticas (que tiene un peso del 15 % en la nota final) está compuesta de la nota de los informes de prácticas (con un peso del 55%) y del examen de prácticas (con un peso del 45%). El examen de prácticas se hace el mismo día que se convoca el examen global (convocatoria ordinaria), al inicio del mismo. Es obligatorio presentarse al mismo y hay que sacar igual o mayor que 4 puntos sobre 10 para poder hacer media con los informes. Si no se aprueba la parte de prácticas por la nota del examen y se quiere liberar esta parte para otro año, se puede repetir el examen de prácticas en la convocatoria extraordinaria.
- La asistencia a todas las sesiones de laboratorio es obligatoria. Una o más faltas de asistencia no justificadas supone no aprobar la asignatura.
- Cada apartado del examen global tiene parte de teoría y otra parte de problemas. Para aprobar el examen, la nota mínima de cualquiera de las dos partes ha de ser igual o mayor que 4 puntos sobre 10.
- Para hacer la media, la nota mínima del examen ordinario ha de ser 4 puntos sobre 10 y la de las prácticas 5 puntos sobre 10. Además, ninguna nota de los entregables de las prácticas puede ser
- Para aprobar la asignatura, la media de la nota del examen y de las prácticas ha de ser igual o mayor que 5 puntos sobre 10.
- Si se tiene aprobado algún parcial (con una nota igual o mayor que 5 puntos sobre 10) de los evaluados en la evaluación progresiva, estos quedarán liberados, es decir, en esta evaluación global sólo hay que examinarse del parcial pendiente.

- Si en las prácticas se aprueban los informes o las prácticas enteras (informes más examen de prácticas), la nota se guarda indefinidamente para posibles futuros cursos salvo que cambie el programa de la asignatura en más de un 50%. Si sólo se aprueba el examen de prácticas, pero los informes no, se tienen que repetir las prácticas.
- En caso de no hacer las prácticas y no presentarse al examen global, la nota que aparecerá en actas será NO PRESENTADO.

### **Evaluación extraordinaria:**

- Es igual que la global (ordinaria). Se hace un examen final con dos apartados (cada uno se corresponde con los contenidos de cada parcial) más las prácticas.
- Porcentaje de la nota: Examen global 85 % y la nota de las prácticas 15 %.
- La nota de prácticas (que tiene un peso del 15 % en la nota final) está compuesta de la nota de los informes de prácticas (con un peso del 55%) y del examen de prácticas (con un peso del 45%). El examen de prácticas, si se quiere mejorar nota para liberar la parte de las prácticas, se puede volver a hacer en esta convocatoria extraordinaria. Se hace el mismo día que se convoca el examen extraordinario (convocatoria extraordinaria), al inicio del mismo y hay que sacar una nota igual o mayor que 4 puntos sobre 10 para poder hacer media con los informes.
- La asistencia a todas las sesiones de laboratorio es obligatoria. Una o más faltas de asistencia no justificadas supone no aprobar la asignatura.
- Cada apartado del examen global tiene parte de teoría y otra parte de problemas. Para aprobar el examen, la nota mínima de cualquiera de las dos partes ha de ser igual o mayor que 4 puntos sobre 10.
- Para hacer la media, la nota mínima de los dos apartados del examen ha de ser igual o mayor que 4 puntos sobre 10 y la de las prácticas igual o mayor que 5 puntos sobre 10. Además, ninguna nota de los entregables de las prácticas puede ser
- Para aprobar la asignatura, la media de la nota del examen y de las prácticas ha de ser igual o mayor que 5 puntos sobre 10.
- Si se tiene aprobado algún parcial (con una nota igual o mayor que 5 puntos sobre 10) de los evaluados en la evaluación progresiva, estos quedarán liberados, es decir, en esta evaluación extraordinaria sólo hay que examinarse del parcial pendiente.
- Si en las prácticas se aprueban los informes o las prácticas enteras (informes más examen de prácticas), la nota se guarda indefinidamente para posibles futuros cursos salvo que cambie el programa de la asignatura en más de un 50%. Si sólo se aprueba el examen de prácticas, pero los informes no, se tienen que repetir las prácticas.
- En caso de no hacer las prácticas y no presentarse al examen global, la nota que aparecerá en actas será NO PRESENTADO.

**Las fechas programadas para los exámenes son las siguientes.**

### Evaluación progresiva: (Fechas orientativas)

P1, semanas 4 - 5.

P2, semana 12 - 13.

### Evaluación global:

En la fecha programada por jefatura de estudios para el examen ordinario.

### Evaluación extraordinaria:

En la fecha programada por jefatura de estudios para el examen extraordinario.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Máquinas Eléctricas, Jesús Fraile Mora, Editorial Garceta	Bibliografía	Libro recomendado
Problemas de Máquinas Eléctricas. Jesús Fraile Mora, Jesús Fraile Aradanuy. Editorial Garceta	Bibliografía	Libro recomendado para problemas
Aula con videoprojector y conexión a red	Equipamiento	

Laboratorio de máquinas eléctricas	Equipamiento	Dotado con máquinas síncronas, transformadores y máquina asíncrona, así como de los aparatos de medida, fuentes de alimentación, cargas y elementos de conexión necesarios.
Guiones de Prácticas de la asignatura	Bibliografía	Se pondrán a disposición de los alumnos en la plataforma Moodle
Electric machinery fundamentals. Stephen J. Chapman.	Bibliografía	Teoría y problemas.

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Relación de la asignatura con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

La asignatura está relacionada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) nº 7 "Energía asequible y no contaminante" y nº 12 "Producción y consumo responsable" ya que las máquinas eléctricas presentan una alta eficiencia frente a los motores de combustión y son fundamentales en el proceso de "descarbonización". En la asignatura se abordan aspectos relacionados con la mejora del rendimiento de las máquinas eléctricas y su utilización eficiente.