



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Industriales

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

55000206 - Control De Maquinas Electricas

PLAN DE ESTUDIOS

05TI - Grado En Ingeniería En Tecnologías Industriales

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Segundo 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..... | 4 |
| 6. Cronograma..... | 6 |
| 7. Actividades y criterios de evaluación..... | 9 |
| 8. Recursos didácticos..... | 12 |
| 9. Otra información..... | 13 |

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

| | |
|--|--|
| Nombre de la asignatura | 55000206 - Control de Maquinas Electricas |
| No de créditos | 6 ECTS |
| Carácter | Optativa |
| Curso | Cuarto curso |
| Semestre | Octavo semestre |
| Período de impartición | Febrero-Junio |
| Idioma de impartición | Castellano |
| Titulación | 05TI - Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales |
| Centro responsable de la titulación | 05 - E.T.S. De Ingenieros Industriales |
| Curso académico | 2025-26 |

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

| Nombre | Despacho | Correo electrónico | Horario de tutorías * |
|--|-------------------|---------------------------|---|
| Jaime Rodriguez Arribas (Coordinador/a) | 3er piso UD ME | jaime.rodriguez@upm.es | M - 12:30 - 14:30 X - 12:30 - 14:30 J - 12:30 - 14:30 |
| Dionisio Ramirez Prieto | 3er piso UD ME | dionisio.ramirez@upm.es | M - 12:30 - 14:30 X - 12:30 - 14:30 J - 12:30 - 14:30 |

* 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

- Maquinas Electricas
- Electronica De Potencia
- Maquinas Electricas Ii

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Electrónica de potencia
- Sistemas de control.
- Máquinas Eléctricas

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CE22B - Conocimientos sobre control de máquinas y accionamientos eléctricos y sus aplicaciones.

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

CG10 - Capacidad para generar nuevas ideas (Creatividad).

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

CG4 - Comprender el impacto de la ingeniería industrial en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad y la importancia de trabajar en un entorno profesional y responsable.

CG5 - Saber comunicar los conocimientos y conclusiones, de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG6 - Poseer habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando a lo largo de la vida para su adecuado desarrollo profesional.

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

4.2. Resultados del aprendizaje

RA131 - Conocimiento del comportamiento de las máquinas síncronas y de reluctancia así como del diseño de un accionamiento industrial que contiene estas máquinas.

RA132 - Disponer de criterios de selección de topologías y estrategias de control para los accionamientos industriales, dependiendo de los requerimientos.

RA133 - Reforzar el conocimiento práctico (lab) de la operación y manejo de diferentes máquinas eléctricas.

RA128 - Se pretende que el alumno adquiera unos conocimientos básicos sobre los accionamientos eléctricos y que consolide y refuerce sus conocimientos sobre los motores más extendidos en la industria: las Máquinas Asíncronas y las Máquinas de Corriente Continua.

RA129 - Conocimiento de cómo se integra el motor eléctrico en un accionamiento industrial (del tipo bombeo y ventilación, elevación, máquinas herramienta, etc) y cómo se maneja el conjunto del accionamiento (convertidor + motor + carga + sistema de control).

RA130 - Conocimiento sobre el control de las máquinas asíncronas mediante vectores espaciales.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

Existen tres módulos en la asignatura de Control de Máquinas Eléctricas.

El primero dedicado al estudio del conjunto de un accionamiento eléctrico industrial, integrado no solo por el motor eléctrico sino también por el mecanismo al que acciona, el sistema de transmisión mecánica que haya, con o sin multiplicadora de velocidad, etc.

En el segundo y tercer módulo se profundiza respectivamente en el motor asíncrono y el motor síncrono de imanes permanentes. En estos dos módulos se estudia un modelo dinámico de la máquina basado en la teoría de los vectores espaciales, y se profundiza tanto en el convertidor electrónico existente entre la fuente de alimentación y el motor (DC/AC, DC/DC, etc), así como en el sistema de control que gobierna al conjunto del accionamiento, normalmente programado en un DSP o un microcontrolador.

Para intentar conseguir un mejor aprovechamiento del curso se programan tres prácticas de laboratorio y se propone al alumno realizar 2 trabajos de simulación que, en conjunto, permiten realizar un ejercicio de tipo práctico que complementa el estudio teórico previo y tratan de permitir alcanzar más rápido y mejor los objetivos de aprendizaje de la asignatura.

5.2. Temario de la asignatura

1. MODULO I (10h) Accionamientos eléctricos industriales

1.1. Introducción, definición, componentes y tipos de accionamientos eléctricos

1.2. Reducción del mecanismo y del sistema de transmisión al eje del motor. Ejemplo de un accionamiento tipo Grúa.

1.3. Características mecánicas de las máquinas eléctricas y de los mecanismos. Tipos de pares de resistencia. Punto de funcionamiento. Estabilidad.

1.4. Regímenes de funcionamiento de las máquinas eléctricas. Análisis de los flujos de potencia mecánica y eléctrica. Evaluación de las pérdidas en el accionamiento a partir de la característica mecánica. Pérdidas en los transitorios.

1.5. Modelos simplificados de las máquinas de corriente continua, asíncronas y síncronas. Análisis de los regímenes transitorios de aceleración y aplicación del par de carga.

1.6. Oscilogramas y gráficos en las coordenadas velocidad-par para diferentes ciclos de trabajo de los

distintos accionamientos eléctricos.

2. MODULO II (18h) Control vectorial de Máquinas Asíncronas

2.1. Introducción. Repaso del Control escalar de un motor asíncrono

2.2. Introducción a los vectores espaciales

2.3. Modelo de la M.A. en vectores espaciales

2.4. Sistemas de control vectorial clásicos

2.5. Control directo de par (DTC)

2.6. Aplicación industriales del control vectorial de una MA (generación eólica, control de tracción de VE, accionamientos de bombeo, etc)

3. MODULO III (28h) Control de accionamientos eléctricos con Máquinas Síncronas

3.1. Modelo en vectores espaciales de la máquina síncrona.

3.2. Esquemas de regulación para máquinas síncronas

3.3. Principios de funcionamiento y accionamiento de máquinas de reluctancia conmutada.

3.4. Aplicación en accionamientos industriales de máquinas síncronas y máquinas de reluctancia conmutada (generación eólica, motores de tracción, etc).

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

| Sem | Actividad tipo 1 | Actividad tipo 2 | Tele-enseñanza | Actividades de evaluación |
|-----|---|--|----------------|---|
| 1 | Modulo 1 Duración: 04:20 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 2 | Modulo1 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Test Moodle Duración: 00:20 OT: Otras actividades formativas / Evaluación Modulo1 Duración: 01:00 AIV: Aula invertida | | | Test Moodle ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:20 |
| 3 | Modulo 1 Duración: 01:05 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Modulo 2 Duración: 03:15 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 4 | Modulo 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Test Moodle Duración: 00:20 OT: Otras actividades formativas / Evaluación Modulo 2 Duración: 01:00 AIV: Aula invertida Modulo 2 Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas | Práctica 1 Balance de potencias con tres máquinas y curvas características mecánicas. Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio | | Test Moodle ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:20 Memoria de prácticas PGL: Técnica del tipo Presentación en Grupo de Laboratorio Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 01:00 |
| 5 | Módulo 2 Duración: 02:20 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Visita de prácticas a instalación industrial Duración: 02:00 VP: Viaje de prácticas Módulo 2 Duración: 02:00 | | | |

| | PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | | |
|----|--|---|--|---|
| 6 | <p>Módulo 2 Duración: 02:10 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Presentación oral trabajos en equipo Duración: 01:10 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> <p>Modulo 2 Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> | <p>Práctica 2. Control vectorial de motor asíncrono aplicado a la tracción de VEs. Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> | | <p>Presentaciones orales de trabajos en grupo. Trabajo 1. Control sobre accionamientos con MA PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 02:10</p> |
| 7 | | | | <p>PE Control sobre los contenidos del Módulo 1 y 2. Accionamientos y Control vectorial de MA (liberatorio) EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 02:00</p> |
| 8 | <p>Módulo 3 Duración: 04:20 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | | | |
| 9 | <p>Módulo 3 Duración: 04:20 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | | | |
| 10 | <p>Módulo 3 Duración: 04:20 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | | | |
| 11 | <p>Módulo 3 Duración: 04:20 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | | | |
| 12 | <p>Módulo 3 Duración: 04:20 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | <p>Práctica 3. Programación de un DSP industrial y control de un inversor. Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> | | <p>Memoria de prácticas PGL: Técnica del tipo Presentación en Grupo de Laboratorio Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 01:00</p> |
| 13 | <p>Módulo 3 Duración: 02:10 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Presentación oral trabajos en equipo Duración: 02:10 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> | | | <p>Presentaciones Trabajo 2. Control de Accionamientos con MS TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 02:10</p> |
| 14 | | | | |
| 15 | | | | |
| 16 | | | | |
| 17 | | | | <p>PE Evaluación de los contenidos del Módulo 3 Teoría y problemas. Coincide en fecha con el examen global de Junio. Aquí se puede también recuperar la PE de los módulos 1 y 2, en caso de que no se haya liberado. EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 02:00</p> |

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 |
|------|--|--|---------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 2 | Test Moodle | ET: Técnica del tipo Prueba Telemática | Presencial | 00:20 | 1.5% | / 10 | CG1 CG6 CE22B |
| 4 | Test Moodle | ET: Técnica del tipo Prueba Telemática | Presencial | 00:20 | 1.5% | / 10 | CG1 CG6 CE22B |
| 4 | Memoria de prácticas | PGL: Técnica del tipo Presentación en Grupo de Laboratorio | No Presencial | 01:00 | 1% | 5 / 10 | CG1 CG2 CG5 CE22B |
| 6 | Presentaciones orales de trabajos en grupo. Trabajo 1. Control sobre accionamientos con MA | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial | 02:10 | 7.5% | 3 / 10 | CG2 CG4 CG5 CG6 CG7 CG10 CE22B |
| 7 | PE Control sobre los contenidos del Módulo 1 y 2. Accionamientos y Control vectorial de MA (laboratorio) | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00 | 40% | 4 / 10 | CG1 CG5 CE22B |
| 12 | Memoria de prácticas | PGL: Técnica del tipo Presentación en Grupo de Laboratorio | No Presencial | 01:00 | 1% | 5 / 10 | CG1 CG2 CG5 CE22B |
| 13 | Presentaciones Trabajo 2. Control de Accionamientos con MS | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | Presencial | 02:10 | 7.5% | 3 / 10 | CG4 CG5 CG7 CG10 |

| | | | | | | | |
|----|---|-------------------------------------|------------|-------|-----|--------|----------------------------|
| 17 | PE Evaluación de los contenidos del Módulo 3 Teoría y problemas. Coincide en fecha con el examen global de Junio. Aquí se puede también recuperar la PE de los módulos 1 y 2, en caso de que no se haya liberado. | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00 | 40% | 4 / 10 | CG1 CG2 CG5 CE22B |
|----|---|-------------------------------------|------------|-------|-----|--------|----------------------------|

7.1.2. Prueba evaluación global

| Sem | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|-----|---|--|---------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 4 | Memoria de prácticas | PGL: Técnica del tipo Presentación en Grupo de Laboratorio | No Presencial | 01:00 | 1% | 5 / 10 | CG1 CG2 CG5 CE22B |
| 6 | Presentaciones orales de trabajos en grupo. Trabajo 1. Control sobre accionamientos con MA | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial | 02:10 | 7.5% | 3 / 10 | CG2 CG4 CG5 CG6 CG7 CG10 CE22B |
| 7 | PE Control sobre los contenidos del Módulo 1 y 2. Accionamientos y Control vectorial de MA (laboratorio) | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00 | 40% | 4 / 10 | CG1 CG5 CE22B |
| 12 | Memoria de prácticas | PGL: Técnica del tipo Presentación en Grupo de Laboratorio | No Presencial | 01:00 | 1% | 5 / 10 | CG1 CG2 CG5 CE22B |
| 13 | Presentaciones Trabajo 2. Control de Accionamientos con MS | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | Presencial | 02:10 | 7.5% | 3 / 10 | CG4 CG5 CG7 CG10 |
| 17 | PE Evaluación de los contenidos del Módulo 3 Teoría y problemas. Coincide en fecha con el examen global de Junio. Aquí se puede también recuperar la PE de los módulos 1 y 2, en caso de que no se haya liberado. | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00 | 40% | 4 / 10 | CG1 CG2 CG5 CE22B |

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

| Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|--|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|---|
| Examen extraordinario (JULIO) Teoría y problemas de toda la asignatura. | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 03:00 | 100% | 5 / 10 | CG1 CG2 CG4 CG5 CG6 CG7 CG10 CE22B |

7.2. Criterios de evaluación

El procedimiento de evaluación está enfocado a que el alumnado siga de forma presencial la asignatura y el trabajo realizado durante el curso permita una evaluación progresiva que determinará la calificación final.

Esta fórmula de evaluación progresiva EP sólo es válida en la convocatoria ordinaria de Junio.

A continuación, se presenta de forma detallada el sistema de puntuación de las actividades concretas que finalizan con una prueba de evaluación PE en la fecha del examen global (Ordinaria JUNIO):

1. Nota de Evaluación Progresiva EP. Está compuesta por las siguientes partes:

- Prueba de Evaluación PE sobre accionamientos y control vectorial MA (hasta 4 puntos). Liberatoria con una nota igual o superior a 4 sobre 10.
- Trabajo 1 sobre control de accionamientos con MA (hasta 0,75 puntos).
- Trabajo 2 sobre control de accionamientos con MS (hasta 0,75 puntos).
- Entregas varias (problemas de examen, test en clase, memorias de prácticas, etc.) (hasta 0,5 puntos de EP).
- Prueba de Evaluación PE sobre el Módulo 3 (coincide en fecha con el examen global de JUNIO (convocatoria ordinaria)) (hasta 4 puntos).

2. Nota del examen global EG. En la fecha del examen global además de realizar la PE correspondiente al módulo

3, el alumno se podrá también presentar a los módulos 1 y 2, en caso de que en la PE correspondiente se haya obtenido una nota inferior a 4 o de que se desee subir nota. En este último caso esta prueba tendrá un peso del 80% de la nota EP.

En cualquier caso, para aprobar la asignatura en la convocatoria ordinaria (JUNIO) es totalmente necesario cumplir las siguientes condiciones:

- Aprobar las prácticas de Laboratorio, realizar los trabajos de simulación y las 2 PE.
- Obtener al menos 4 pts sobre 10 en cada una de las 2 PE en el examen global.

Adicionalmente, para los alumnos que no superen la asignatura en la convocatoria ordinaria (JUNIO), se dispondrá de la convocatoria extraordinaria (JULIO) en la que se realizará un examen completo de toda la asignatura.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre | Tipo | Observaciones |
|---|--------------|---|
| Entrega de problemas de nivel examen | Recursos web | Para ayudar a preparar la asignatura, a lo largo del curso se propone al alumno que realice 2 problemas de exámenes antiguos (parte de accionamientos y parte de Control de MA) |
| Visita técnica a instalación industrial | Otros | Se procura realizar una visita técnica a una instalación industrial significativa para que el alumno pueda tomar contacto con la realidad de este tipo de instalación (aeropuerto, industria papelera, talleres de metro, taller de ABB, etc) |
| Material Docente de respaldo | Recursos web | En la plataforma Moodle se ofrece información para el alumno: exámenes resueltos, apuntes elaborados por el profesor, una colección de problemas resueltos, guiones de prácticas y referencias |

| | | |
|------------------------|--------------|---|
| | | bibliográficas. |
| Equipos de laboratorio | Equipamiento | En el laboratorio de máquinas eléctricas se dispone de diferentes bancadas con máquinas de distinto tipo, convertidores electrónicos de potencia para alimentarlas y sistemas de control basados en DSPs. |

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

La asignatura "Control de Máquinas Eléctricas" trata con varios ejemplos de aplicaciones que permiten trabajar algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible como el ODS 3 "Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades" (la aplicación a tracción eléctrica contribuye firmemente a la reducción de la contaminación atmosférica y acústica en núcleos urbanos, con la repercusión que eso tiene en diversas patologías para sus habitantes), el ODS 7 "Energía asequible y no contaminante" (generación eólica y undimotriz), y el ODS 13 "Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos" (movilidad eléctrica y generación limpia contribuyen a luchar contra el cambio climático).