



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

**53000561 - Control De Accionamientos Electricos**

### PLAN DE ESTUDIOS

05BE - Master Universitario En Ingenieria Electrica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - 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.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	10

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	53000561 - Control de Accionamientos Electricos
<b>No de créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Primer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	05BE - Master Universitario en Ingenieria Electrica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	05 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros Industriales
<b>Curso académico</b>	2021-22

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Dionisio Ramirez Prieto (Coordinador/a)		dionisio.ramirez@upm.es	- -

\* 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

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería Eléctrica no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

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

- Programación en lenguaje C.
- Máquinas Eléctricas.
- Electrónica de potencia.
- Teoría de control de sistemas discretos

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE04 - Aplicar los conocimientos adquiridos para diseñar las protecciones de los equipos e instalaciones eléctricas, con unos requisitos nuevos derivados de la incorporación de tecnologías actuales basadas en la electrónica digital.

CE09 - Aplicar los conocimientos adquiridos para establecer procedimientos de mantenimiento predictivo de máquinas y equipos eléctricos

CE10 - Aplicar los conocimientos adquiridos para diseñar sistemas avanzados de control de accionamientos eléctricos y proponer nuevas alternativas apoyadas en el avance tecnológico.

CE11 - Tener la capacidad de enfrentarse a los nuevos retos derivados de la previsible incorporación en gran escala de los vehículos eléctricos

CE12 - Tener la capacidad de incorporar nuevas tecnologías y herramientas avanzadas en la técnica de las medidas eléctricas.

CG01 - Haber demostrado unos conocimientos y una comprensión que se basa en el nivel típicamente asociado a los grados y lo superan y mejoran y que les proporcionan una base o una oportunidad para la originalidad en el desarrollo i/o aplicación de ideas, a menudo en el contexto de la Investigación.

CG02 - Ser capaces de aplicar sus conocimientos y su comprensión, así como sus habilidades para resolver problemas, en entornos nuevos o no familiares y en contextos amplios (multidisciplinarios) relativos a su campo de estudio

CG03 - Tener habilidad de integrar conocimientos y de afrontar la complejidad y también de formular juicios a partir de información incompleta o limitada, pero que incluye reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas ligadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CG04 - Ser capaces de comunicar sus conclusiones, y los conocimientos y el marco conceptual en que se basan, tanto a audiencias expertas como no expertas y de manera clara y sin ambigüedades.

CG05 - Haber desarrollado habilidades de aprendizaje que les permitan continuar los estudios de manera ampliamente autodirigida o autónoma

CT01 - Uso de la lengua inglesa

CT02 - Liderazgo de equipos

CT03 - Creatividad

CT05 - Gestión de la información

CT07 - Trabajo en contextos internacionales

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA26 - Conocimientos de sistemas de control programados

RA24 - Conocimiento de programación de algoritmos de control sobre un sistema programado real

RA27 - Conocimiento de algoritmos de control de máquinas eléctricas

RA25 - Conocimientos de máquinas eléctricas

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura es un compendio multidisciplinar de las diferentes disciplinas involucradas en el diseño e implementación de un control de un accionamiento.

En ella se tratan aspectos tan diversos como el convertidor electrónico, los algoritmos de control vectorial más comunes o su implementación en un microprocesador o DSP.

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción. Visión global de un sistema de control para un accionamiento.
2. El Inversor trifásico.
  - 2.1. Modulación PWM
  - 2.2. Sobremodulación.
  - 2.3. Funcionamiento en onda cuadrada.
  - 2.4. Introducción al Modulador de Vectores Espaciales (SVM)
3. Vectores espaciales. Algoritmo de modulación de vectores espaciales.
  - 3.1. Definiciones de vector espacial.
  - 3.2. Algoritmo de cálculo de los tiempos de aplicación de los vectores.
  - 3.3. Modulador software y modulador hardware.
4. Sistema de control de una máquina de inducción trifásica.
  - 4.1. Ecuaciones de definición de la máquina de inducción expresada en vectores espaciales.

- 4.2. Diagrama de bloques del sistema de control de la máquina de inducción.
5. Sistema de control de una máquina trifásica de imanes permanentes.
  - 5.1. Ecuaciones de definición de la máquina trifásica de imanes permanentes superficiales.
  - 5.2. Sistemas de control de la máquina de imanes permanentes superficiales.
  - 5.3. Ecuaciones de definición de la máquina de imanes permanentes interiores.
  - 5.4. Sistemas de control de la máquina trifásica de imanes permanentes interiores.
6. Sistema de control de un inversor conectado a la red.
  - 6.1. Modelo del inversor trifásico conectado a la red, expresado en vectores espaciales.
  - 6.2. Diagrama de bloques del sistema de control.
  - 6.3. Sincronización con la red con Phase Locked Loop (PLL).
  - 6.4. Cálculo de los reguladores de corriente.
  - 6.5. Límites de funcionamiento del inversor.
7. El Procesador Digital de Señales (DSP)
  - 7.1. Arquitectura de un DSP específico para control de accionamientos.
  - 7.2. Herramientas de desarrollo.
8. Implementación de un algoritmo de control en un DSP.
  - 8.1. Regla de Tustin.
  - 8.2. Discretización de una función de transferencia de primer orden.
  - 8.3. Discretización de un regulador Proporcional Integral.
  - 8.4. Algoritmo anti wind up para reguladores PI discretos
  - 8.5. Filtros digitales de respuesta impulsional infinita (IIR)

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Clase de introducción. Descripción de los elementos que componen un sistema de control de un accionamiento y las tareas que realizan. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
2	Inversores en fuente de tensión trifásicos. Se describe en profundidad la modulación PWM, la sobremodulación y el funcionamiento en onda cuadrada. También se introduce el Modulador de Vectores Espaciales SVM. Funcionamiento de los arrancadores estáticos. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
3	Teoría de vectores espaciales. Descripción del algoritmo del modulador de vectores espaciales y su implementación en un microprocesador. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
4	Teoría de control de máquinas de inducción mediante vectores espaciales. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
5	Teoría de control de máquinas trifásicas de imanes permanentes. Aplicaciones como generador en energía eólica. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
6	Descripción del modelo del inversor de conexión a red de un sistema de generación renovable, expresado en vectores espaciales. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
7	Ejemplos de simulación de un SVM en diversas aplicaciones. Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	



8	<p><b>Resolución de problemas sobre sistemas de control basados en vectores espaciales: - Máquina de inducción trifásica. - Máquina de imanes permanentes. - Convertidor de conexión a red.</b></p> <p>Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p><b>Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática.</b></p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	
9	<p><b>Compatibilidad electromagnética de los convertidores electrónicos empleados en control de accionamientos.</b></p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<p><b>Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática.</b></p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	
10	<p><b>El Procesador Digital de Señales (DSP). Descripción de la arquitectura. Herramientas de desarrollo.</b></p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<p><b>Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática.</b></p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	
11	<p><b>Implementación de algoritmos de control en un DSP. Breve repaso de las funcionalidades para programación a bajo nivel con lenguaje C.</b></p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<p><b>Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática.</b></p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	
12	<p><b>programación del algoritmo 1 en el DSP. Explicación del algoritmo. Particularidades de programación.</b></p> <p>Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Programación del Algoritmo 1 en el DSP.</b></p> <p>Duración: 01:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		<p><b>Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática.</b></p> <p>Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Si las circunstancias lo requieren, la práctica se sustituirá por un trabajo que se presentará telemáticamente.</b></p> <p>Duración: 01:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	
13	<p><b>Programación del Algoritmo 2 en el DSP. Explicación del algoritmo. Particularidades de programación.</b></p> <p>Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Programación del Algoritmo en un DSP.</b></p> <p>Duración: 01:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	<p><b>Si las circunstancias lo requieren, la práctica se sustituirá por un trabajo que se presentará telemáticamente.</b></p> <p>Duración: 01:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	
14		<p><b>Programación del Algoritmo 2 en el DSP.</b></p> <p>Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	<p><b>Si las circunstancias lo requieren, la práctica se sustituirá por un trabajo que se presentará telemáticamente.</b></p> <p>Duración: 01:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	
15				
16				
17				<p><b>Examen global</b></p> <p>EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p> <p><b>Entrega de trabajo</b></p> <p>TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 00:30</p>

				<b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:30
--	--	--	--	---

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 continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen global	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	70%	3 / 10	CE10 CG05 CG02 CG03 CG01
17	Entrega de trabajo	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:30	30%	3 / 10	CG04 CG05 CG03 CT07 CT01 CT02 CE12 CT05 CT03

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:30	100%	3 / 10	CE10 CG04 CG05 CG02 CG03 CT07 CG01 CT01 CT02 CT03 CT05 CE12

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

La evaluación se realiza combinando la información proporcionada de forma continuada mediante los trabajos entregados individualmente y una prueba global de conocimientos.

Los trabajos individuales se componen típicamente de una simulación en Matlab-Simulink y dos programas escritos en lenguaje C y programados sobre un DSP.

El examen final contendrá preguntas y/o problemas que abarquen todo el contenido de la asignatura.

La nota final se reparte a partes iguales entre la puntuación media obtenida en el conjunto de los trabajos entregados y la obtenida en el examen final.

La evaluación extraordinaria se realizará únicamente mediante un examen global.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Sistema de desarrollo para DSP	Equipamiento	El departamento podrá a disposición de los alumnos un sistema desarrollo para DSP completo con el fin de realizar la programación de los algoritmos de control.
Transparencias sobre el temario	Otros	Se suministran a los alumnos transparencias en pdf del temario a lo largo del curso.
Apuntes	Bibliografía	Apuntes de la asignatura