



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

**565000174 - Ingeniería De Control**

### PLAN DE ESTUDIOS

56IA - Grado En Ingeniería Electronica Industrial Y Automatica

### 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.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	14
9. Otra información.....	15

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	565000174 - Ingeniería de Control
<b>No de créditos</b>	7.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Cuarto curso
<b>Semestre</b>	Séptimo semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	56IA - Grado en Ingeniería Electronica Industrial y Automatica
<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> *
David Alvarez Sanchez	c-209	david.asanchez@upm.es	Sin horario.
Basil Mohammed Al-Hadithi Abdul Qadir (Coordinador/a)	c-206	basil.alhadithi@upm.es	Sin horario. Las tutorías definitivas se pondrán al comienzo del curso.  <a href="http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias">http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias</a>

Roberto Gonzalez Herranz	c 206	roberto.gonzalez@upm.es	Sin horario. Las tutorías definitivas se pondrán al comienzo del curso.  <a href="http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias">http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias</a>
Cecilia Elisabet Garcia Cena	c.208	cecilia.garcia@upm.es	Sin horario. Las tutorías definitivas se pondrán al comienzo del curso.  <a href="http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias">http://programas.etsidi.upm.es/SOA/tutorias</a>

\* 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

- Automatica
- Regulacion Automatica

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

- Es imprescindible el conocimiento del analisis de los sistemas de control impartido en la asignatura Regulación Automatica. A ser la asignatura de ingenieria de control continuación de la asignatura de Regulación automática, impartida en el tercer cur

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE 26. - Conocimiento de regulación automática y técnicas de control y su aplicación a la automatización industrial.

CG 1. - Conocer y aplicar los conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Ingeniería Industrial

CG 10. - Creatividad.

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

CG 4. - Comprender el impacto de la ingeniería en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad y la importancia de trabajar en un entorno profesional y responsable

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

CG 7. - Incorporar las TIC y las tecnologías y herramientas de la Ingeniería Industrial en sus actividades profesionales

### 4.2. Resultados del aprendizaje

RA2 - Capacidad para diseñar sistemas de control y automatización industrial.

RA194 - Conocer el Modelado e identificación de sistemas dinámicos de control continuos y discretos

RA193 - Conocer el estado actual de la ingeniería de control y su futuro inmediato.

RA198 - Conocer las diferentes metodologías de Diseño de reguladores en el Espacio de Estados

RA196 - Conocer metodologías del control avanzado

RA197 - Conocer metodologías de espacio de estados

RA195 - Conocer las diferentes metodologías de diseño de sistemas de control

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura de Ingeniería de control está estructurada en siete temas, en los cuales se obtendrá el conocimiento de técnicas y aplicaciones de la ingeniería de control y la capacidad para el análisis y diseño de los sistemas de control. Se impartirá semanalmente 2 horas de teoría y 3 hora de problemas. Las horas de teoría se realizarán mediante lecciones magistrales en las que el profesor expondrá los contenidos del temario y realización de ejercicios y las horas de problemas estarán dedicadas a la complementación de algunos conceptos teóricos para resolución de problemas, haciendo participe al alumno en los mismos. Además el alumno realizará las prácticas de carácter obligatorio dirigidas por el profesor. Todas las prácticas se centran en la simulación de técnicas de modelado y control que se da en las clases de teoría. El alumno previamente deberá haber adquirido los conocimientos teóricos necesarios para el desarrollo de la misma. Se realizarán cuatro sesiones de prácticas de laboratorio que comprenderán los puntos más importantes del temario, siendo la última un examen de prácticas.

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Modelado e identificación de sistemas
  - 1.1. Modelado según respuesta escalón
  - 1.2. Modelos integradores
  - 1.3. Modelos oscilatorios
  - 1.4. Modelado en frecuencia
  - 1.5. Perturbaciones del modelo
  - 1.6. Método de minimos cuadrados
2. Sistemas discretos de Control
  - 2.1. Herramientas Matemáticas
  - 2.2. Sistemas Muestreados
  - 2.3. Análisis de los sistemas discretos de control
    - 2.3.1. Correspondencia entre el Plano  $s$  y el Plano  $z$
    - 2.3.2. Análisis de la Estabilidad

### 2.3.3. Análisis de la Respuesta de los Sistemas Discretos

### 2.3.4. Error en Régimen Permanente

## 2.4. Diseño de Reguladores Discretos

# 3. Controladores PID

## 3.1. Control on-off

## 3.2. Acciones correctoras

## 3.3. El regulador PID

## 3.4. Control PI-D

## 3.5. Control I-PD

## 3.6. Consideraciones de la Acción D

## 3.7. Diseño en frecuencia de reguladores

## 3.8. Efecto Windup

## 3.9. Notas prácticas de uso del PID

## 3.10. PIDs comerciales

# 4. Diseño de reguladores

## 4.1. Índices de error

## 4.2. Análisis para Seguimiento de SP

## 4.3. Métodos Empíricos de Diseño

## 4.4. Ziegler-Nichols (ZN) respuesta al escalón

## 4.5. Ziegler-Nichols (ZN) respuesta frecuencial

## 4.6. Chien-Hrones-Reswick (CHR)

## 4.7. Métodos Analíticos de Diseño

## 4.8. Método del parámetro Lambda

## 4.9. Método Haalman

## 4.10. Asignación directa de polos.

## 4.11. Polos dominantes: método Cohen-Coon

## 4.12. Análisis de estabilidad y diseño en frecuencia de compensadores con polo dominante y con polo-cero

# 5. Introducción al control Avanzado.

## 5.1. Introducción al control avanzado. Polos dominantes

- 5.2. Introducción al control en cascada
- 5.3. Introducción al control de estructura variable y modos deslizantes
- 5.4. Introducción al control adaptativo
- 5.5. Introducción al control inteligente
- 6. Análisis de Sistemas de Control en el Espacio de Estados
  - 6.1. Representaciones en el Espacio de Estados de Sistemas Definidos por su Función de Transferencia
  - 6.2. Solución de la Ecuación de Estado invariante con el Tiempo
  - 6.3. Controlabilidad
  - 6.4. Observabilidad
  - 6.5. Teorema de estabilidad de Lyapunov
- 7. Diseño de Sistemas de Control en el Espacio de Estados
  - 7.1. Diseño de sistemas del tipo regulador mediante la ubicación de polos
  - 7.2. Diseño de observadores de estado
  - 7.3. Introducción al control óptimo

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Tema 1: Modelado e identificación de sistemas</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 1: Realización de ejercicios y problemas demodelado e identificación de sistemas</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
2	<b>Tema 2: Sistemas discretos de Control</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 2: Realización de ejercicios y problemas sobre sistemas discretos de Control</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
3	<b>Tema 2: Sistemas discretos de Control</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 2: Realización de ejercicios y problemas sobre sistemas discretos de Control</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
4	<b>Tema 2: Sistemas discretos de Control</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 2: Realización de ejercicios y problemas sobre sistemas discretos de Control</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Práctica 1: Identificación de sistemas</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Práctica 1: Identificación de sistemas</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00
5	<b>Tema 3: Controladores PID</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Tema 3: Realización de ejercicios y problemas de controladores PID</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			

6	<p><b>Tema 4: Diseño de controladores</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4: Realización de ejercicios y problemas de diseño de controladores</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Práctica2: Controladores PID-Análisis y Diseño</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Práctica2: Controladores PID-Análisis y Diseño</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p>
7	<p><b>Tema 4: Diseño de controladores</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4: Realización de ejercicios y problemas de diseño de controladores</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
8	<p><b>Tema 5: Realización de ejercicios y problemas de diseño de controladores</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Prueba progresiva: Temas 1, 2 y 3</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>			<p><b>Prueba progresiva: Temas 1, 2 y 3</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p>
9	<p><b>Tema 5: Introducción al control Avanzado.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Realización de ejercicios y problemas de control Avanzado.</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
10	<p><b>Tema 5: Introducción al control Avanzado.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 5: Realización de ejercicios y problemas de control Avanzado.</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Práctica 3: Modelado y análisis de sistemas en variables de estado. Realimentación del estado mediante técnicas de diseño óptimas (LQ).</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Práctica 3: Modelado y análisis de sistemas en variables de estado. Realimentación del estado mediante técnicas de diseño óptimas (LQ).</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p>
11	<p><b>Temas 6: Análisis de Sistemas de Control en el Espacio de Estados.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 6: Realización de ejercicios y problemas de sistemas en el espacio de estados</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Práctica 4: Control por realimentación en variables de estado: asignación de polos y LQR</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Práctica 4: Control por realimentación en variables de estado: asignación de polos y LQR</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p> <p><b>Evaluación de conocimientos experimentales del laboratorio. Se tendrá en cuenta el desempeño en clase y los informes entregados</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p>

12	<p><b>Temas 6: Análisis de Sistemas de Control en el Espacio de Estados.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 6: Realización de ejercicios y problemas de sistemas en el espacio de estados</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
13	<p><b>Temas 6 y 7: Diseño de Sistemas de Control en el Espacio de Estados</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 6 y 7: Realización de ejercicios y problemas de diseño de controladores en el espacio de estados</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
14	<p><b>Temas 7: Diseño de Sistemas de Control en el Espacio de Estados</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 7: Realización de ejercicios y problemas de diseño de controladores en el espacio de estados</b> Duración: 03:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Evaluación de conocimientos experimentales del laboratorio. Se tendrá en cuenta el desempeño en clase y los informes entregados</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
15				<p><b>Evaluación de conocimientos experimentales del laboratorio.</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Global No presencial Duración: 02:00</p>
16				
17				<p><b>Prueba Global: Todo el temario</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 03:00</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
4	Práctica 1: Identificación de sistemas	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	02:00	1.5%	1 / 10	CG 1. CG 3. CG 7. CG 10. CE 26.
6	Práctica2: Controladores PID- Análisis y Diseño	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	02:00	1.5%	1 / 10	CG 1. CG 3. CG 7. CG 10. CE 26.
8	Prueba progresiva: Temas 1, 2 y 3	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	30%	0 / 10	CG 1. CG 3. CG 4. CG 6. CG 7. CG 10. CE 26.
10	Práctica 3: Modelado y análisis de sistemas en variables de estado. Realimentación del estado mediante técnicas de diseño óptimas (LQ).	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	02:00	1.5%	1 / 10	CG 1. CG 3. CG 7. CG 10. CE 26.
11	Práctica 4: Control por realimentación en variables de estado: asignación de polos y LQR	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	02:00	1.5%	1 / 10	CG 1. CG 3. CG 7. CG 10. CE 26.
11	Evaluación de conocimientos experimentales del laboratorio. Se tendrá en cuenta el desempeño en clase y los informes entregados	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	4%	1 / 10	CG 1. CG 3. CG 7. CG 10. CE 26.

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
15	Evaluación de conocimientos experimentales del laboratorio.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	02:00	10%	5 / 10	CG 1. CG 3. CG 7. CG 10. CE 26.
17	Prueba Global: Todo el temario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	60%	0 / 10	CG 1. CG 3. CG 4. CG 6. CG 7. CG 10. CE 26.

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen extraordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	90%	0 / 10	CG 1. CG 3. CG 4. CG 6. CG 7. CG 10. CE 26.

## 7.2. Criterios de evaluación

### Criterios de evaluación

#### Evaluación de las prácticas de laboratorio

1. La realización de las prácticas de laboratorio es obligatoria. Se hará un examen individual durante el periodo docente de todas las prácticas de laboratorio como parte del procedimiento de evaluación de la parte experimental de la asignatura.
2. Los alumnos que no realizan las prácticas de laboratorio, no podrán aprobar la asignatura y la nota final de la asignatura será la nota de la parte teórica multiplicada por 0,45.
3. Si realizan las prácticas y no las aprueban, pueden realizar hacer un examen practico de laboratorio en la convocatoria ordinaria o extraordinaria.
4. La nota de las practicas aprobadas se conservara para futuras convocatorias.
5. Las practicas realizadas no se podrán repetir en ningún caso.

#### Evaluación progresiva y prueba global

1. Este sistema de evaluación se aplicará en general a todos los alumnos.
2. La evaluación progresiva consiste en la realización de dos exámenes.
3. El primer examen se realizará (en torno la semana 10) en formato común a los grupos de mañana y tarde. Se realizará en las aulas y horarios que se anuncien en su momento.
4. El peso del primer examen sobre la calificación de la evaluación progresiva es del 30%. Los temas son tema 1,2

y 3.

6. El segundo examen se realizará en la convocatoria ordinaria de enero para todos los alumnos en las fechas y horas propuestas por Jefatura de Estudios para la convocatoria ordinaria. Este examen incluye todo el temario.

7. El peso del segundo examen (prueba global) es 60%.

8. El peso de la evaluación del laboratorio es del 10%.

### **Convocatoria extraordinaria**

Se realizará un único examen en las fechas y horas propuestas por Jefatura de Estudios para la convocatoria extraordinaria e incluirá toda la materia explicada durante el curso. El peso del examen sobre la calificación final es del 90%. El peso de la evaluación del laboratorio seguirá siendo del 10%.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Basil M. Al-Hadithi, Sistemas discretos de control-un enfoque práctico, Vision Libros,2007. ISBN: 9788498218725 (en papel), ISBN: 9788499833040(google)	Bibliografía	Basil M. Al-Hadithi, Sistemas discretos de control-un enfoque práctico, Vision Libros,2007. ISBN: 9788498218725 (en papel), ISBN: 9788499833040(google)
PID Controllers: Theory, Design and Tuning, Instrument Society of America, 1994. ISBN 1-55617-516-7	Bibliografía	Karl J. Astrom, Tore Hagglund
Katsuhiko Ogata, Sistemas de control tiempo discreto 2ED, Prentice Hall, 1996, ISBN: 0-13-034281-5	Bibliografía	Katsuhiko Ogata, Sistemas de control tiempo discreto 2ED, Prentice Hall, 1996, ISBN: 0-13-034281-5
Katsuhiko Ogata, Ingeniería de Control moderna, Prentice Hall, cuarta edición, 2003. ISBN: 8420536784	Bibliografía	Katsuhiko Ogata, Ingeniería de Control moderna, Prentice Hall, cuarta edición, 2003. ISBN: 8420536784
Benjamin Kuo, Sistemas de Control automático, Prentice Hall, séptima edición, 1996. ISBN 9789688807231	Bibliografía	Benjamin Kuo, Sistemas de Control automático, Prentice Hall, séptima edición, 1996. ISBN 9789688807231
Componentes y Diseño Electrónicos	Bibliografía	Basil M. Al-Hadithi y Francisco J. Gabiola, ACCI Ediciones, Mayo-2018, Páginas: 714
Karl Johan Astrom, Adaptive Control (2nd Edition), Addison-wesley, ISBN: 9780201558661	Bibliografía	Karl Johan Astrom, Adaptive Control (2nd Edition), Addison-wesley, ISBN: 9780201558661
Francisco Javier Gabiola, Basil M. Al-Hadithi, "Análisis y Diseño de circuitos electrónicos analógicos", Editorial: Visión Net, ISBN: 978-84-9821- 873-2, septiembre 2007 Páginas: 465	Bibliografía	Francisco Javier Gabiola, Basil M. Al-Hadithi, "Análisis y Diseño de circuitos electrónicos analógicos", Editorial: Visión Net, ISBN: 978-84-9821- 873-2, septiembre 2007 Páginas: 465

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

#### 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible

En relación a la capacidad de la asignatura para contribuir a promover y alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los resultados de aprendizaje previstos en ingeniería de control están alineados con los siguientes Objetivos:

- Objetivo 4 "Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos". Lo que resulta evidente de esta asignatura enmarcada en un grado de Ingeniería de una universidad pública a la que debería tener acceso cualquier ciudadano del país.

-Objetivo 5 "Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas". Ya que por medio del conocimiento de alto nivel y, en particular, de las disciplinas técnicas, de las que, estadísticamente, las mujeres están menos representadas, se avanza en el camino de la igualdad y de la igualdad de oportunidades.

-Objetivo 8 "Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos". Ya que la la automática y la técnicas de control es una herramienta poderosa y especialmente relevante en el futuro de los tejidos productivos nacionales y su enseñanza a los jóvenes debería ayudar a capacitarlos para su integración en el mercado laboral.

- Objetivo 9 "Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación". El conocimiento de la ingeniería de control es una base muy sólida sobre la cual promover la industrialización sostenible y duradera de un país, con especial énfasis en la innovación.

