



Universitat de Lleida

# GUÍA DOCENTE **CONTROL REALIMENTADO**

Coordinación: PALLEJA CABRE, TOMAS

Año académico 2022-23

## Información general de la asignatura

<b>Denominación</b>	CONTROL REALIMENTADO			
<b>Código</b>	14537			
<b>Semestre de impartición</b>	2o Q(SEMESTRE) EVALUACIÓN CONTINUADA			
<b>Carácter</b>	Grado/Máster	Curso	Carácter	Modalidad
	Máster Universitario en Ingeniería Industrial	1	OPTATIVA	Presencial
<b>Número de créditos de la asignatura (ECTS)</b>	6			
<b>Tipo de actividad, créditos y grupos</b>	<b>Tipo de actividad</b>	<b>PRAULA</b>	<b>TEORIA</b>	
	<b>Número de créditos</b>	3	3	
	<b>Número de grupos</b>	1	1	
<b>Coordinación</b>	PALLEJA CABRE, TOMAS			
<b>Departamento/s</b>	INFORMATICA E INGENIERIA INDUSTRIAL			
<b>Distribución carga docente entre la clase presencial y el trabajo autónomo del estudiante</b>	(40%) 60 horas presenciales (60%) 90 horas de trabajo autónomo.			
<b>Información importante sobre tratamiento de datos</b>	Consulte <a href="#">este enlace</a> para obtener más información.			
<b>Idioma/es de impartición</b>	CATALÁN (40%) CASTELLANO (40%) INGLES (20%)			
<b>Distribución de créditos</b>	1 ECTS equivale a 10 horas de clase presencial + 15 horas de trabajo autónomo			

Profesor/a (es/as)	Dirección electrónica\nprofesor/a (es/as)	Créditos impartidos por el profesorado	Horario de tutoría/lugar
PALLEJA CABRE, TOMAS	tomas.palleja@udl.cat	0	
RIBES MALLADA, URSULA	ursula.ribes@udl.cat	6	

## Información complementaria de la asignatura

**La asignatura optativa “Control Realimentado”** está dirigida hacia los alumnos procedentes de grados no especializados en tecnologías eléctricas, electrónicas o de control, para que reciban formación específica que integre en su currículum académico los principios básicos de la Teoría del Control Automático y de la Electrónica Industrial, de acuerdo con el perfil de la titulación "*Ingeniero Industrial*".

**Dentro del contexto del Máster**, la asignatura "Control Realimentado", de carácter presencial, se imparte en el segundo cuatrimestre del primer curso. Enlaza con la asignatura "*Ingeniería de Sistemas*" cursada en el primer cuatrimestre con la asignatura del segundo curso del máster, "*Diseño de Sistemas Electrónicos y de Control*".

Esta asignatura se estructura en dos partes:

**La primera**, aborda el análisis de los sistemas físicos realimentados y analiza su respuesta en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia. Se parte de las definiciones y fundamentos teóricos en que se basa el control realimentado, centrados especialmente en el análisis de la respuesta transitoria, la estabilidad y el análisis de la precisión en régimen estacionario de los sistemas realimentados.

**La segunda**, aborda algunas técnicas de compensación usadas en la Regulación Automática de Sistemas y su implementación, electrónica en el caso de los sistemas continuos, y digital en el caso de sistemas de tiempo discreto.

Para su desarrollo se aplicarán las herramientas típicas del cálculo operacional a los sistemas en tiempo continuo y en tiempo discreto, representados tanto interna como externamente. Se presupone que el alumno ha adquirido previamente y maneja con soltura los conceptos básicos de las ecuaciones diferenciales, las transformaciones de Laplace y de Fourier, así como las técnicas de análisis de las señales y sistemas, que se completarán en este curso con las transformaciones discretas y las ecuaciones en diferencias.

## Objetivos académicos de la asignatura

El alcance de esta asignatura es muy amplio. Se considera necesario que los alumnos del máster, graduados en especialidades diferentes de la tecnología eléctrica, electrónica y de control, adquieran conocimientos en Regulación Automática propios de las competencias previstas para los titulados Máster Ingeniero Industrial.

En definitiva, se pretende que el alumno sea capaz de,

- Dominar las técnicas de modelado de sistemas que permanen la representación interna y externa de los sistemas.
- Simular usando herramientas apropiadas de simulación el comportamiento de los sistemas físicos reales.
- Identificar las variables físicas que intervienen en los procesos industriales, así como su valoración y medida.
- Aplicar las técnicas de análisis de sistemas realimentados usando herramientas apropiadas en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia.

- Diseñar los compensadores de sistemas analógicos en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia.
- Diseñar los compensadores digitales apropiados para sistemas físicos controlados con computadoras digitales.

## Competencias

Competencias **Generales** según Orden CIN/311/2009 y criterios EPS

- **CG1** Capacidad de planificación y organización del trabajo personal.
- **CG3** Capacidad de transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- **CG4** Capacidad de concebir, diseñar e implementar proyectos y/o aportar soluciones novedosas, utilizando herramientas propias de la ingeniería.
- **CG6** Tener conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de: métodos matemáticos, analíticos y numéricos en la ingeniería, ingeniería eléctrica, ingeniería energética, ingeniería química, ingeniería mecánica, mecánica de medios continuos, electrónica industrial, automática, fabricación, materials, métodos cuantitativos de gestión, informática industrial, urbanismo, infraestructuras, etc

Competencias **Específicas** según Orden CIN/311/2009

- **CE7** Capacidad para diseñar sistemas electrónicos y de instrumentación industrial.

Competencias **Transversales** aprobadas por la Comisión Plenaria de los Grados de Ingeniería Industrial, Ingeniería Informática y Ingeniería de la Edificación, reunida el 16 de Junio de 2008

- **CT1** Corrección en la expresión oral escrita. CT3 Dominio de las TIC.
- **CT3** Dominar las TIC.

## Contenidos fundamentales de la asignatura

### TEMA 1. Introducción a los sistemas de control realimentado.

- Fundamentos de sistemas dinámicos. Conceptos básicos. Evolución temporal.
- Linealidad en dinámica de sistemas. Transformada de Laplace.
- Representación y clasificación de sistemas. Descripción externa e interna. Espacio de estados de los sistemas dinámicos.
- Representación en tiempo continuo o en tiempo discreto.
- Sistemas en bucle abierto y sistemas de bucle cerrado.
- Función de transferencia de un sistema de control de tiempo continuo.
- Topología en diagramas de bloques o de flujo de la señal
- Teorema de muestreo. Reconstrucción en tiempo discreto. Transformada Z. Función de transferencia de los sistemas de tiempo discreto

### TEMA 2. Análisis de sistemas de tiempo continuo y de tiempo discreto.

- Modelado y simulación de los sistemas dinámicos: mecánicos, hidráulicos, eléctricos y térmicos.
- Linealización de modelos no lineales.
- Simulaciones. Sistemas dinámicos lineales en tiempo continuo Descripción externa e interna.
- Respuesta temporal. Fuentes de prueba. Sistemas de primer orden. Sistemas de segundo orden.
- Especificaciones de la respuesta transitoria.
- Sistemas de orden superior.
- Respuesta transitoria de los sistemas discretos. Sistema de control en tiempo discreto en lazo cerrado.
- Estabilidad absoluta de sistemas lineales. Estabilidad en sistemas de tiempo continuo. Estabilidad en sistemas de tiempo discreto.
- Análisis en régimen estacionario. Error en régimen permanente.
- El lugar geométrico de las raíces. Reglas clásicas de construcción del lugar de las raíces tiempo continuo y

en tiempo discreto.

- Correspondencia entre el plano S y el plano Z.

### TEMA 3. Análisis en frecuencia de los sistemas realimentados.

- Respuesta frecuencial de sistemas de tiempo continuo.
- Representación de la respuesta frecuencial.
- Criterio de estabilidad de Nyquist. Transformación conforme.
- Estabilidad relativa. Margen de fase y margen de ganancia.
- Respuesta frecuencial de sistemas de tiempo discreto.
- Caracterización de la respuesta frecuencial.

### TEMA 4. Diseño de Sistemas de Control en tiempo continuo y discreto.

- Diseño de sistemas de control en lazo cerrado. Diseño de controladores en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia. Aspectos generales.
- Diseño de reguladores según el método del lugar de las raíces.
- Compensación con redes de adelanto de fase.
- Compensación con redes de retraso de fase.
- Compensación con redes de retraso- adelanto.
- Control proporcional. Acción de control integral acción de control proporcional integral. Control proporcional integral.
- Acción de control de derivativa. Control proporcional derivativo.
- Diagrama de bloques del control discreto. Control PI, PD y PID.

### TEMA 5. Diseño de Sistemas de Control en el dominio de la frecuencia.

- Introducción.
- Compensación con redes de adelanto de fase.
- Compensación con redes de retraso de fase.
- Compensación con redes de retraso- adelanto de fase.
- Relación entre la respuesta frecuencial y las especificaciones en el dominio del tiempo.
- Ganancia normalizado. Margen de fase y sobrepuig máximo.
- Frecuencia de corte y velocidad de la respuesta temporal.
- Discretización de compensadoras frecuenciales

### TEMA 6. Implementación electrónica de los Sistemas de Control

- Introducción a los circuitos de control analógicos.
- El amplificador operacional.
- Circuitos básicos con amplificadores operacionales.
- Sistemas de control con amplificadores operacionales.
- Aplicaciones no lineales de los amplificadores operacionales.
- Control en tiempo discreto con microcontroladores

## Ejes metodológicos de la asignatura

- **Clases magistrales:** En las clases magistrales se exponen los contenidos de la asignatura por parte de los profesores sin la participación activa de los alumnos.
- **Coloquios:** Consisten en actividades de intercambio de opiniones entre los alumnos bajo la dirección del profesor.
- **Trabajo en grupo:** Actividad de aprendizaje que se realizará mediante la colaboración entre los miembros de un grupo.
- **Trabajo escrito:** Actividad consistente en la presentación de un documento escrito.
- **Aprendizaje basado en problemas:** Se utiliza el aprendizaje basado en problemas como método de promover el aprendizaje a partir de problemas seleccionados de la vida real.
- **Resolución de problemas:** En la actividad de resolución de problemas, el profesorado presenta una cuestión compleja que el alumnado debe resolver, ya sea trabajando individualmente o en equipo.

- **Elaboración de proyectos:** Metodología de enseñanza activa que promueve el aprendizaje a partir de la realización de un proyecto: idea, diseño, planificación, desarrollo y evaluación del proyecto.
- **Prácticas:** Permiten aplicar y configurar, a nivel práctico, la teoría de un ámbito de conocimiento en un contexto concreto.

## Plan de desarrollo de la asignatura

Semana	Metodología	Temario	Horas presenciales	Horas de trabajo autónomo
1-2	Clase magistral	TEMA 1	8	12
3	Simulaciones Solución de problemas	TEMA 1	4	6
4-5	Clase magistral	TEMA 2	8	12
6	Simulaciones Solución de problemas	TEMA 2	4	6
7-8	Clase magistral Simulaciones Solución de problemas	TEMA 3	8	12
9	Prueba escrita Entrega de trabajos	<b>TEMAS 1-2-3</b>	2	
10-11	Clase magistral	TEMA 4	8	12
12	Clase magistral Solución de problemas	TEMA 4	4	6
13-14	Clase magistral Solución de problemas	TEMAS 5-6	8	12
15	Solución de problemas	TEMA 6	4	6
16	Prueba escrita Entrega de trabajos	<b>TEMAS 4-5-6</b>	2	

## Sistema de evaluación

Actividades de evaluación	%	Fechas	O/V (1)	I/G (2)	Observaciones
PA1: Examen escrito	30	Semana 9	O	I	Nota mínima, 1 punto sobre 3
PA2: Examen escrito	50	Semana 17	O	I	Nota mínima, 2,5 puntos sobre 5
PA3: Trabajos propuestos	20	Antes de cada evaluación	O	I	
PA5: Trabajo voluntario			V		Podrá incrementar en un 10% la nota final
PA6: Examen de recuperación		Semana 19			

O: Obligatorio;V: Voluntario

I: Trabajo individual; G: Trabajo en Grupo.

## Bibliografía y recursos de información

### REFERENCIAS

- Sistemas de Control Automático. Benjamin Kuo. Prentice Hall.
- Ingeniería de Control Moderna. Katsuhiko Ogata. Prentice Hall.
- Teoría de Control. Diseño Electrónico. Gomariz. Edicions UPC.
- Linear Control System Analysis and Design with MATLAB. John D'Azzo. Dekker.
- Modern Control Systems Analysis and Design Using MATLAB. Bishop. Addison- Wesley.
- Linear Systems Control, deterministic and stochastic methods. Hendricks. Springer.
- Sistemas de Control de Procesos. Aplicación, Diseño y Sintonización. Shinskey. McGraw Hill.
- Classical Feedback Control with Matlab. Lurie. TKFeBOOK.