

## FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

<b>Datos de la asignatura</b>	
Nombre	<b>Sistemas Dinámicos</b>
Código	<b>DEA-GITI-313</b>
Titulación	<b>Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales</b>
Curso	<b>3º</b>
Cuatrimestre	<b>1º</b>
Créditos ECTS	<b>6 ECTS</b>
Carácter	<b>Obligatoria común</b>
Departamento	<b>Electrónica, Automática y Comunicaciones</b>
Área	<b>Sistemas de Control y Electrónica de Potencia</b>
Universidad	<b>Universidad Pontificia Comillas</b>
Horario	
Profesores	<b>Javier García González, Ramón Rodríguez Pecharromán, Juan Luis Zamora Macho, José María Urretavizcaya, Alberto Azañón Montero</b>
Descriptor	

<b>Datos del profesorado</b>	
<b>Profesor</b>	
Nombre	<b>Javier García González</b>
Departamento	<b>Ingeniería Eléctrica</b>
Área	
Despacho	<b>D-2.4 (IIT, c/ Santa Cruz de Marcenado, 26)</b>
e-mail	<b>javierrgg@comillas.edu</b>
Horario de Tutorías	
<b>Profesor</b>	
Nombre	<b>Ramón Rodríguez Pecharromán</b>
Departamento	<b>Electrónica, Automática y Comunicaciones</b>
Área	
Despacho	<b>D-221</b>
e-mail	<b>ramon@comillas.edu</b>
Horario de Tutorías	
<b>Profesor</b>	
Nombre	<b>Juan Luis Zamora Macho</b>
Departamento	<b>Electrónica, Automática y Comunicaciones</b>
Área	
Despacho	<b>D-212</b>
e-mail	<b>zamora@comillas.edu</b>
Horario de Tutorías	
<b>Profesor</b>	
Nombre	<b>Alberto Azañón Montero</b>
Departamento	<b>Electrónica, Automática y Comunicaciones</b>
Área	
Despacho	
e-mail	<b>aazanon@icai.comillas.edu</b>
Horario de Tutorías	

<b>Profesor</b>	
Nombre	José María Urretavizcaya
Departamento	Ingeniería Eléctrica
Área	
Despacho	
e-mail	juo@empre.es
Horario de Tutorías	
<b>Profesores de laboratorio</b>	
Nombre	Aurelio García Cerrada
Nombre	Alberto Abanades Sánchez
Nombre	Alberto Azañón Montero
Nombre	Jose María Cogollor Delgado
Nombre	Manuel Luis Zafra Palacios
Nombre	David Roch Dupré
Nombre	Francisco Amorós Espí
Nombre	Adán Simón Muela
Nombre	Carlos Javier de Vicente Peña
Nombre	Pablo del Saz-Orozco Huang

## **DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA**

<b>Contextualización de la asignatura</b>
<b>Aportación al perfil profesional de la titulación</b>
<p>En el perfil profesional del graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, esta asignatura pretende introducir al alumno en las técnicas de modelado y análisis de sistemas dinámicos independientemente de su naturaleza, utilizando como ejemplos circuitos eléctricos, sistemas mecánicos de traslación y rotación, sistemas térmicos o sistemas de conducción de fluidos. Al ser un curso de introducción, sólo se estudian modelos lineales e invariantes en el tiempo. En los ejemplos presentados se hace especial énfasis en su aplicación práctica para que el alumno tome conciencia de la importancia del modelado matemático en todos los ámbitos de la ingeniería industrial. También se introduce al alumno en el uso de herramientas informáticas (Matlab y Simulink) que facilitan el proceso de modelado y análisis de cualquier sistema dinámico y que cuentan con gran aceptación en todos los sectores industriales.</p> <p>Al finalizar el curso los alumnos deberán dominar el concepto de ecuación diferencial de un sistema dinámico lineal e invariante en el tiempo y el uso de la transformada de Laplace para obtener la función de transferencia como forma de modelado alternativa a la ecuación diferencial pero más sencilla de manejar. Además, deberán saber cómo obtener e interpretar las propiedades fundamentales de la respuesta del sistema a partir de la función de transferencia, tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia. Por otra parte, los alumnos deberán conocer en detalle las propiedades y respuestas en tiempo y frecuencia de los sistemas de primer y segundo orden por ser los que con mayor asiduidad aparecen en muchas aplicaciones de la ingeniería. También, es importante que, al final del curso, el alumno sea capaz de reconocer las situaciones reales en que son útiles estas técnicas y poderlas aplicar independientemente de la naturaleza física del sistema.</p> <p>Además, esta asignatura tiene un carácter mixto teórico-experimental por lo que a los componentes teóricos se les añaden los de carácter práctico, tanto la resolución de cuestiones numéricas como la realización de trabajos prácticos de laboratorio en los que se ejercitaran los conceptos estudiados.</p>
<b>Prerrequisitos</b>
Se requieren conocimientos previos de carácter básico sobre física general, circuitos eléctricos y mecánica.

## Competencias - Objetivos

### Competencias básicas y generales

CG3. Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

CG4. Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.

### Competencias específicas / Refuerzo rama industrial

CEN7. Conocimiento y capacidad para el modelado y simulación de sistemas.

### Resultados de Aprendizaje<sup>1</sup>

RA1. Identificar cuándo un sistema puede considerarse lineal e invariante en el tiempo (LTI) y dominar las técnicas básicas para modelar dichos sistemas, como son la ecuación diferencial lineal de coeficientes constantes, la función de transferencia y la respuesta en frecuencia.

RA2. Aplicar las técnicas disponibles para estudiar el comportamiento de los sistemas LTI, tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia, independientemente de su naturaleza eléctrica, mecánica, térmica, hidráulica, etc.

RA3. Utilizar las herramientas informáticas necesarias para definir, analizar y simular la respuesta de los modelos LTI: funciones de transferencia y diagramas de bloques.

RA4. Conocer en detalle las respuestas en tiempo y frecuencia y las principales características e índices de las mismas para los sistemas más comunes, es decir, los sistemas de primer y segundo orden.

---

<sup>1</sup> Los resultados de aprendizaje son indicadores de las competencias que nos permiten evaluar el grado de dominio que poseen los alumnos. Las competencias suelen ser más generales y abstractas. Los R.A. son indicadores observables de la competencia

## BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

### Contenidos - Bloques Temáticos

#### BLOQUE

##### 1: Fundamentos básicos

En este primer bloque temático se presentan los conceptos fundamentales del modelado de sistemas dinámicos lineales e invariantes en el tiempo.

##### Tema 1: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DINÁMICOS

- 1.1 Concepto de sistema, señal y modelo.
- 1.2 Aplicaciones de los modelos.
- 1.3 Propiedades de los modelos y sistemas.
- 1.4 Modelos lineales e invariantes en el tiempo.
- 1.5 Representación de estado.

##### Tema 2: TRANSFORMADA DE LAPLACE

- 2.1 Utilidad de la transformada de Laplace.
- 2.2 Definición de la transformada de Laplace.
- 2.3 Propiedades de la transformada de Laplace.
- 2.4 Transformada de Laplace de las señales básicas.
- 2.5 Transformada inversa de Laplace.
- 2.6 Relación entre polos y términos de la respuesta.
- 2.7 Resolución de ecuaciones diferenciales.
- 2.8 Clasificación de los términos de la respuesta temporal.

##### Tema 3: FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA

- 3.1 Respuesta libre y forzada.
- 3.2 Definición de función de transferencia.
- 3.3 Estabilidad.
- 3.4 Criterio de Routh-Hurwitz.
- 3.5 Régimen permanente: ganancia estática y respuesta en frecuencia.
- 3.6 Diagramas de bloques.

#### BLOQUE 2: Modelado de sistemas físicos y análisis de sistemas de orden bajo.

En este segundo bloque temático se aplican los conceptos teóricos fundamentales de modelado y análisis a sistemas físicos de naturaleza diversa y a sistemas sencillos de primer y segundo orden.

##### Tema 4: MODELADO DE SISTEMAS FÍSICOS

- 4.1 Circuitos eléctricos.
- 4.2 Circuitos electrónicos con amplificadores operacionales.
- 4.3 Sistemas mecánicos de traslación.
- 4.4 Sistemas mecánicos de rotación.
- 4.5 Sistemas térmicos.

##### Tema 5: SISTEMAS DE PRIMER ORDEN.

- 5.1 Sistemas de primer orden.
- 5.2 Respuesta temporal de sistemas de primer orden.
- 5.3 Respuesta en frecuencia: diagrama de Bode.
- 5.4 Diagramas de Bode de sistemas de primer orden.
- 5.5 Diagramas de Bode asintótico de sistemas compuestos por términos de primer orden.
- 5.6 Relación entre respuesta temporal y respuesta en frecuencia.

##### Tema 6: SISTEMAS DE SEGUNDO ORDEN.

- 6.1 Sistemas de segundo orden.
- 6.2 Respuesta temporal de sistemas de segundo orden.
- 6.3 Influencia de un cero o un polo adicional en la respuesta temporal.
- 6.4 Diagramas de Bode de sistemas de segundo orden.
- 6.5 Diagramas de Bode asintótico de sistemas de orden superior.

## LABORATORIO

Las prácticas de laboratorio se desarrollan agrupadas en dos bloques

1. Prácticas de análisis y simulación en el entorno de trabajo Matlab / Simulink.
2. Prácticas de montaje, diseño y análisis de un sistema de segundo orden, tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia.

## METODOLOGÍA DOCENTE

### Aspectos metodológicos generales de la asignatura

Con el fin de conseguir el desarrollo de competencias propuesto, la materia se desarrollará teniendo en cuenta la actividad del alumno como factor prioritario. Ello implicará que tanto las sesiones presenciales como las no presenciales promoverán la implicación activa de los alumnos en las actividades de aprendizaje.

### Metodología Presencial: Actividades

1. **Clase magistral y presentaciones generales.** El profesor explicará los conceptos fundamentales de cada tema incidiendo en lo más importante y a continuación se explicarán una serie de problemas tipo, gracias a los cuáles se aprenderá a identificar los elementos esenciales del planteamiento y la resolución de problemas del tema.
2. **Trabajo sobre contenidos prácticos.** En estas sesiones se explicarán, corregirán y analizarán problemas análogos y de mayor complejidad de cada tema previamente propuestos por el profesor y trabajados por el alumno.
3. **Prácticas de laboratorio.** Se realizarán en grupos y en ellas los alumnos ejercitarán los conceptos y técnicas estudiadas, familiarizándose con el entorno material y humano del trabajo en el laboratorio.

### Metodología No presencial: Actividades

1. Estudio individual y personal por parte del alumno de los conceptos expuestos en las lecciones expositivas.
2. Resolución de problemas prácticos que se corregirán en clase.
3. Trabajo sobre las prácticas de laboratorio.

El objetivo principal del trabajo no presencial es llegar a entender y comprender los conceptos teóricos de la asignatura, así como ser capaz de poner en práctica estos conocimientos para resolver los diferentes tipos de problemas.

## RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO

### HORAS PRESENCIALES

Lección magistral	Resolución de problemas	Prácticas laboratorio	Evaluación
20	20	14	6

### HORAS NO PRESENCIALES

Trabajo autónomo sobre contenidos teóricos	Trabajo autónomo sobre contenidos prácticos	Trabajo sobre prácticas de laboratorio	Estudio
20	40	28	32
<b>CRÉDITOS ECTS:</b>			<b>6 (180 horas)</b>

## EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	PESO
Realización de exámenes: <ul style="list-style-type: none"> <li>Examen Intersemestral</li> <li>Examen Final</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprensión de conceptos.</li> <li>Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li> <li>Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.</li> <li>Presentación y comunicación escrita.</li> </ul>	60%
Realización de pruebas de seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprensión de conceptos.</li> <li>Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li> <li>Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.</li> </ul>	10%
Laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprensión de conceptos.</li> <li>Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos y a la realización de prácticas en el laboratorio.</li> <li>Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en las prácticas de laboratorio.</li> <li>Capacidad de trabajo en grupo.</li> <li>Presentación y comunicación escrita.</li> </ul>	30%

### Calificaciones.

Calificaciones
<p>La calificación en la <b>convocatoria ordinaria</b> de la asignatura se obtendrá como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Un 60% la nota de los exámenes. La nota del examen final supondrá un 45% de la nota final en la asignatura y un 15% de la nota será la del examen intersemestral. En cualquier caso, para aprobar la asignatura se exigirá una nota mínima de 5 en el examen final.</li> <li>Un 10% será la nota de las pruebas de seguimiento.</li> <li>Un 30% será la nota de laboratorio. Se exigirá una nota mínima de 5.</li> <li>En la convocatoria extraordinaria el alumno se examinará de toda la materia. El examen podrá comprender teoría y laboratorio.</li> </ul> <p>La calificación en la <b>convocatoria extraordinaria</b> de la asignatura se obtendrá como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Un 60% la nota de los exámenes. La nota del examen final de la convocatoria extraordinaria supondrá un 45% de la nota final en la asignatura y un 15% de la nota será la del examen intersemestral. En cualquier caso, para aprobar la asignatura se exigirá una nota mínima de 5 en el examen final de la convocatoria extraordinaria.</li> <li>Un 10% será la nota de las pruebas de seguimiento.</li> </ul>

- Un 30% será la nota de laboratorio. Se exigirá una nota mínima de 5.

La asistencia a clase es obligatoria, según el artículo 93 de las Normas Académicas de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). Los requisitos de asistencia se aplicarán de forma independiente para las sesiones de teoría y de laboratorio:

- En el caso de las sesiones de teoría, el incumplimiento de esta norma podrá impedir presentarse a examen en la convocatoria ordinaria.
- En el caso de las sesiones de laboratorio, el incumplimiento de esta norma podrá impedir presentarse a examen en la convocatoria ordinaria y en la extraordinaria. En cualquier caso, las faltas no justificadas a sesiones de laboratorio serán penalizadas en la evaluación.

## PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA<sup>2</sup>

Actividades No presenciales	Fecha de realización	Fecha de entrega
• Lectura y estudio de los contenidos teóricos en el libro de texto	Después de cada clase	
• Resolución de los problemas propuestos	Semanalmente	
• Preparación de las pruebas que se realizarán durante las horas de clase	Semanas 3 y 11, aprox.	
• Preparación de los exámenes intersemestral y final	Octubre y Diciembre	
• Preparación de exámenes de laboratorio	Semanas 10 y 13, aprox.	

## BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

### Bibliografía Básica

- N. S. Nise. Control Systems Engineering, 6th Edition. John Wiley and Sons. 2011.

### Bibliografía Complementaria

- K. Ogata. System Dynamics, Fourth Edition. Prentice Hall. 2004.
- L. Pagola. Regulación Automática. Universidad Pontificia Comillas. 2006.
- R. H. Cannon, Jr. Dynamics of Physical Systems. Dover. 2003

## FICHA RESUMEN

Ver páginas siguientes.

<sup>2</sup> En la ficha resumen se encuentra una planificación detallada de la asignatura. Esta planificación tiene un carácter orientativo y las fechas podrán irse adaptando de forma dinámica a medida que avance el curso.

1	1	05-sep	M	Capítulo 1. Introducción a los Sistemas dinámicos
	2	06-sep	X	Capítulo 2. Transformada de Laplace
	3	08-sep	V	
	4	08-sep	V	
2	5	12-sep	M	
	6	13-sep	X	Capítulo 3. Función de transferencia
	7	15-sep	V	
	8	15-sep	V	
	9	19-sep	M	Prueba corta 1
3	10	20-sep	X	
	11	22-sep	V	
	12	22-sep	V	
4	13	26-sep	M	Capítulo 4. Modelado de sistemas físicos eléctricos
	14	27-sep	X	
	15	29-sep	V	Lab P1                      Matlab
	16	29-sep	V	
5	17	03-oct	M	Modelado de sistemas físicos mecánicos
	18	04-oct	X	
	19	06-oct	V	Lab P2                      Matlab Sallen-Key
	20	06-oct	V	
6	21	10-oct	M	
	22	11-oct	X	Capítulo 5. Sistemas de primer orden. Respuesta temporal
	23	13-oct	V	Lab P3                      Simulink Sallen-Key
	24	13-oct	V	



7	25	17-oct	M	
	26	18-oct	X	
	27	20-oct	V	Lab P4 Ejercicio Matlab-Simulink
	28	20-oct	V	
8			EXAMEN INTERSEMESTRAL	
9	29	31-oct	M/X	Sistemas de primer orden. Respuesta en frecuencia
		01-nov	X	Fiesta
	30	03-nov	V	
	31	03-nov	V	Capítulo 6. Sistemas de segundo orden
10	32	07-nov	M	
	33	08-nov	X	Examen lab Matlab-Simulink
	34	10-nov	V	
	35	10-nov	V	
11	36	14-nov	M	
	37	15-nov	X	Prueba corta 2
	38	17-nov	V	Lab P5 Montaje Sallen-Key RT
	39	17-nov	V	
12	40	21-nov	M	Modelado de sistemas físicos electrónicos y térmicos
	41	22-nov	X	
	42	24-nov	V	Lab P6 Montaje Sallen-Key RF
	43	24-nov	V	
13	44	28-nov	M	Examen lab
	45	29-nov	X	
	46	01-dic	V	
	47	01-dic	V	
14	48	05-dic	M	
EXAMEN FINAL				