

## FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

<b>Datos de la asignatura</b>	
Nombre	<b>Sistemas Dinámicos</b>
Código	<b>DEA-IND-223</b>
Titulación	<b>Grado en Ingeniería Electromecánica</b>
Curso	<b>2º</b>
Cuatrimestre	<b>2º</b>
Créditos ECTS	<b>4,5 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, Pablo García González</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>Pablo García González</b>
Departamento	<b>Electrónica, Automática y Comunicaciones</b>
Área	
Despacho	
e-mail	<b>pablo@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	Luis Ángel Pérez Sanz
Nombre	Alberto Azañón Montero
Nombre	Julita Bermejo Alonso
Nombre	Jose María Cogollor Delgado
Nombre	Antonio González Elías
Nombre	Manuel Luis Zafra Palacios

## **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 Electromecánica, 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 Genéricas del título-curso

- 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.
- CG5. Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.
- CG7. Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.
- CG10. Capacidad de trabajar en un entorno multilingüe y multidisciplinar.

### Competencias específicas / Refuerzo rama industrial

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

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

#### **Conocer distintas descripciones de un sistema dinámico y cómo utilizarlas.**

- RA1. Es capaz de relacionar función de transferencia y ecuación diferencial y calcular cualquiera de ellas a partir de la otra.
- RA2. Sabe calcular la respuesta temporal, libre y forzada, dada la entrada y las condiciones iniciales.
- RA3. Conoce el álgebra de diagramas bloques y sabe aplicarlo para obtener la función de transferencia de cualquier diagramas bloques.

#### **Saber interpretar las propiedades básicas de un sistema a partir de su función de transferencia.**

- RA4. Sabe calcular los polos y ceros de una función de transferencia e interpretar su influencia en la forma y duración de la respuesta temporal.
- RA5. Puede determinar la estabilidad de un sistema a partir de los polos o mediante el criterio de Routh-Hurwitz.
- RA6. Entiende y sabe aplicar los teoremas del valor inicial y final de la transformada de Laplace.
- RA7. Conoce el cálculo y utilidad de la ganancia estática de un sistema.

#### **Conocer y saber aplicar las técnicas de modelado a sistemas físicos lineales e**

<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

<p><b>invariantes en el tiempo.</b></p> <p>RA8. Sabe aplicar la teoría de circuitos para calcular cualquier función de transferencia en un circuito eléctrico u obtener su diagrama de bloques.</p> <p>RA9. Sabe analizar circuitos electrónicos con amplificadores operacionales para calcular cualquier función de transferencia u obtener su diagrama de bloques.</p> <p>RA10. Sabe aplicar los principios básicos de la Mecánica para calcular cualquier función de transferencia u obtener el diagrama de bloques de un sistema mecánico de traslación o rotación.</p> <p>RA11. Sabe calcular cualquier función de transferencia u obtener el diagrama de bloques de un sistema térmico sencillo.</p> <p>RA12. Sabe calcular cualquier función de transferencia u obtener el diagrama de bloques de un sistema sencillo de conducción de fluidos.</p>
<p><b>Saber calcular e interpretar la respuesta en frecuencia de un sistema.</b></p> <p>RA13. Sabe calcular la respuesta en frecuencia de un sistema a partir de la función de transferencia e interpretarla correctamente.</p> <p>RA14. Sabe dibujar e interpretar correctamente el diagrama asintótico de Bode de la respuesta en frecuencia de cualquier función de transferencia.</p>
<p><b>Conocer en profundidad la respuesta en tiempo y frecuencia de los sistemas de primer y segundo orden.</b></p> <p>RA15. Conoce y sabe calcular los parámetros fundamentales de la respuesta temporal a un escalón y de la respuesta en frecuencia de cualquier sistema de primer orden.</p> <p>RA16. Conoce y sabe calcular los parámetros fundamentales de la respuesta temporal a un escalón y de la respuesta en frecuencia de cualquier sistema de segundo orden.</p>
<p><b>Saber utilizar Matlab y Simulink para modelar, simular y analizar cualquier sistema dinámico LTI.</b></p> <p>RA17. Sabe cómo construir el diagrama de bloques de cualquier sistema en Simulink y simular su respuesta ante cualquier entrada.</p> <p>RA18. Sabe emplear Matlab para definir la función de transferencia y calcular las características fundamentales de cualquier sistema LTI: polos, ceros, ganancia estática y respuesta en frecuencia.</p>

## 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 Sistemas mecánicos de traslación.
- 4.3 Sistemas mecánicos de rotación.

##### 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.

## 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. **Lección expositiva:** 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. **Resolución en clase de problemas propuestos:** 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 realizara 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. Resolución grupal de problemas y esquemas de los conceptos teóricos.

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
15	12	12	6

### HORAS NO PRESENCIALES

Trabajo autónomo sobre contenidos teóricos	Trabajo autónomo sobre contenidos prácticos	Realización de trabajos colaborativos	Estudio
20	25	20	25
CRÉDITOS ECTS:			4,5 (135 horas)

## 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

La calificación en la **convocatoria ordinaria** de la asignatura se obtendrá como:

- 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.
- Un 10% será la nota de las pruebas de seguimiento.
- Un 30% será la nota de laboratorio. Se exigirá una nota mínima de 5.
- En la convocatoria extraordinaria el alumno se examinará de toda la materia. El examen podrá comprender teoría y laboratorio.

La calificación en la **convocatoria extraordinaria** de la asignatura se obtendrá como:

- 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.
- Un 10% será la nota de las pruebas de seguimiento.

- 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
<ul style="list-style-type: none"><li>Lectura y estudio de los contenidos teóricos en el libro de texto</li></ul>	Después de cada clase	
<ul style="list-style-type: none"><li>Resolución de los problemas propuestos</li></ul>	Semanalmente	
<ul style="list-style-type: none"><li>Preparación de las pruebas que se realizarán durante las horas de clase</li></ul>	Semanas 3, 6 y 11	
<ul style="list-style-type: none"><li>Preparación de los exámenes intersemestral y final</li></ul>	Febrero y Abril	
<ul style="list-style-type: none"><li>Elaboración de los informes de laboratorio</li></ul>		Semanas 8 y 12
<ul style="list-style-type: none"><li>Preparación del examen de laboratorio</li></ul>	Semana 14	

## 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.

