

## FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

<b>Datos de la asignatura</b>	
Nombre	Automatización y Control Avanzado
Código	DEA-IND-521
Titulación	Máster Universitario en Ingeniería Industrial
Curso	Primero
Cuatrimestre	2º
Créditos ECTS	6
Carácter	Obligatoria
Departamento	Electrónica, Automática y Comunicaciones
Área	
Coordinador	José Antonio Rodríguez Mondéjar para la parte de automatización Ramón Rodríguez Pecharromán para la parte de control

<b>Datos del profesorado</b>	
<b>Profesor</b>	
Nombre	José Antonio Rodríguez Mondéjar
Departamento	Electrónica, Automática y Comunicaciones
Área	
Despacho	D-211
e-mail	mondejar@comillas.edu
Teléfono	
Horario de Tutorías	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Ramón Rodríguez Pecharromán
Departamento	Electrónica, Automática y Comunicaciones
Área	
Despacho	D-221
e-mail	ramon@comillas.edu
Teléfono	
Horario de Tutorías	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Juan Luis Zamora Macho
Departamento	Electrónica, Automática y Comunicaciones
Área	
Despacho	D-212
e-mail	zamora@comillas.edu
Teléfono	
Horario de Tutorías	

<b>Datos del profesorado</b>	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Jaime Boal Martín-Larrauri
Departamento	Electrónica, Automática y Comunicaciones
Área	
Despacho	D-220
e-mail	Jaime.Boal@iit.comillas.edu
Teléfono	
Horario de Tutorías	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Aurelio García Cerrada
Departamento	Electrónica, Automática y Comunicaciones
Área	
Despacho	D-218
e-mail	aurelio@comillas.edu
Teléfono	
Horario de Tutorías	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Adán Simón Muela
Departamento	Electrónica, Automática y Comunicaciones
Área	
Despacho	
e-mail	adansimon@comillas.edu
Teléfono	
Horario de Tutorías	
<b>Profesores de laboratorio</b>	
Nombre	Álvaro López López
Nombre	Guillermo Pallarés Castillo
Nombre	José Antonio Villacañas Palomo
Nombre	Cristina Cabezas López de Sosoaga
Nombre	Julita Bermejo Alonso
Nombre	José María Reynaldo Yus

## DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

### Contextualización de la asignatura

#### Aportación al perfil profesional de la titulación

En el perfil profesional del master de Ingeniería Industrial, esta asignatura pretende formar al alumno en las tecnologías y metodologías que permiten que un sistema de producción funcione de forma automática, tanto desde el punto de vista de la automatización industrial como del control avanzado de procesos.

La asignatura va acompañada de un laboratorio con prácticas que versan sobre automatización de procesos y control avanzado. En la parte de automatización de procesos se ven diferentes elementos como autómatas programables, sistemas para la interfaz hombre máquina, sistemas de identificación, sistemas de control de calidad, robots e integración del conjunto en un sistema automatizado, que es una reproducción a escala de un sistema de producción automatizado típico. En la parte de control avanzado se simularán e implantarán controles de tipo predictivo y/o adaptativo, entre otros, sobre plantas que permitan analizar su utilidad frente a controles no avanzados.

#### Prerrequisitos

Conocimientos básicos de programación, mecánica, electrotecnia, electrónica y regulación automática.

## BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

<b>Contenidos – Bloques Temáticos</b>
<b>BLOQUE 1: AUTOMATIZACIÓN</b>
Trata de los conceptos fundamentales para la automatización de sistemas de producción
<b>Tema 1: INTRODUCCIÓN</b>
Introducción. Importancia de la automatización de una instalación industrial. Conceptos básicos: planta, control, operador, sensores, accionamientos, control en lazo abierto, control en lazo cerrado, procesos continuos, procesos discretos, procesos mixtos, procesamiento por lotes.
<b>Tema 2: ARQUITECTURA DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO</b>
Arquitectura funcional y física del control de un sistema. Pirámide de automatización. Función de cada nivel. Elementos tecnológicos de cada nivel: redes de sensores, buses de campo, controladores (PLCs), instrumentación, accionamientos, robots, buses de planta, remotas, redes de área y centros de control. Modelo de comunicaciones OSI. Tipos de control: centralizado, distribuido. Control en tiempo real.
<b>Tema 3: METODOLOGÍAS PARA EL CONTROL DE PROCESOS DISCRETOS</b>
Métodos clásicos: algebra de Boole, Grafset y Gemma. Métodos avanzados: Redes de Petri y StateChart (UML) para diseño de la operación.
<b>Tema 4: PUESTOS Y CENTROS DE CONTROL</b>
Sistemas de comunicaciones, supervisión y control (SCADA). Funciones. Modelos básicos de organización. Integración con otros sistemas. Tecnología Web. Diseño de la interfaz hombre/máquina. Modelo de información.
<b>Tema 6: EJEMPLOS DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS</b>
Estudio de casos: sistemas de energía, plantas industriales (ISA S95), gestión inteligente de edificios, domótica y sistemas de seguridad. Estrategias para su diseño e implementación.
<b>Tema 7: CONFIABILIDAD DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO</b>
Definiciones. Arquitecturas. Análisis de confiabilidad. Niveles SIL. Normalización: IEC 61508, legislación nacional.
<b>BLOQUE 2: CONTROL AVANZADO</b>
Trata de los conceptos fundamentales en el control avanzado
<b>Tema 1: LIMITACIONES DEL CONTROL CLÁSICO</b>
No linealidades, variaciones con el punto de operación, tratamiento de restricciones, otros objetivos de control, etc. Necesidad del control avanzado
<b>Tema 2: CONTROL PREDICTIVO</b>
Control basado en optimización. Fundamentos del Control Predictivo. Campos de aplicación.
<b>Tema 3: CONTROL ADAPTATIVO</b>
Ajuste Automático. Programación de Ganancia. Control Adaptativo puro. Campos de aplicación de cada técnica.

## Competencias – Resultados de Aprendizaje

### Competencias

#### Competencias Generales

- CG1. 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, materiales, métodos cuantitativos de gestión, informática industrial, urbanismo, infraestructuras, etc.
- CG2. Proyectar, calcular y diseñar productos, procesos, instalaciones y plantas.
- CG8. Aplicar los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares.
- CG10. Saber comunicar las conclusiones –y los conocimientos y razones últimas que las sustentan– a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

#### Competencias de Formación Básica

- CB4. Ser capaces de predecir y controlar la evolución de situaciones complejas mediante el desarrollo de nuevas e innovadoras metodologías de trabajo adaptadas al ámbito científico/investigador, tecnológico o profesional concreto, en general multidisciplinar, en el que se desarrolle su actividad.
- CB5. Saber transmitir de un modo claro y sin ambigüedades a un público especializado o no, resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica o del ámbito de la innovación más avanzada, así como los fundamentos más relevantes sobre los que se sustentan.
- CB7. Ser capaces de asumir la responsabilidad de su propio desarrollo profesional y de su especialización en uno o más campos de estudio.

#### Competencias Específicas

- CMT8. Capacidad para diseñar y proyectar sistemas de producción automatizados y control avanzado de procesos.
- CMI14. Conocimiento y capacidades para el proyectar y diseñar instalaciones eléctricas y de fluidos, iluminación, climatización y ventilación, ahorro y eficiencia energética, acústica, comunicaciones, domótica y edificios inteligentes e instalaciones de seguridad.

### Resultados de Aprendizaje

Al final de curso los alumnos deben ser capaces de:

- RA1. Identificar en un sistema los diferentes niveles de una automatización jerarquizada.

RA2. Conocer y elegir para cada nivel las estrategias de control más adecuadas y los elementos tecnológicos necesarios.

RA3. Evaluar los riesgos en cada nivel y conocer las normas a aplicar.

RA4. Diseñar con herramientas adecuadas una automatización de un sistema no trivial en diferentes áreas como energética, sistemas de producción automatizada, edificios inteligentes y seguridad de instalaciones.

RA5. Distinguir las similitudes y diferencias de las técnicas de control estudiadas previamente. Comprender sus limitaciones, que justifican el uso de técnicas de Control Avanzado.

RA6. Conocer algunas de las técnicas de control avanzado más importantes, prestando especial atención al aspecto concreto en el que son superiores a las técnicas convencionales.

RA7. Saber seleccionar la técnica de Control Avanzado más adecuada para cada situación y campo de aplicación en el contexto de las instalaciones industriales.

RA8. Presentar y defender, tanto oralmente como por escrito, las soluciones de control o automatización más adecuadas.

## METODOLOGÍA DOCENTE

### Aspectos metodológicos generales de la asignatura

Con el fin de conseguir la adquisición de las competencias propuestas, 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	Competencias
<p>1. <b>Clase magistral y presentaciones generales.</b> Exposición de los principales conceptos y procedimientos mediante la explicación por parte del profesor. Incluirá presentaciones dinámicas, pequeños ejemplos prácticos y la participación reglada o espontánea de los estudiantes <b>(20 horas)</b>.</p>	<p><b>CB4, CG1, CG2, CMT8, CMI14</b></p>
<p>2. <b>Resolución en clase de problemas prácticos.</b> Resolución de unos primeros problemas para situar al alumno en contexto. La resolución correrá a cargo del profesor y los alumnos de forma cooperativa <b>(8 horas)</b>.</p>	<p><b>CB4, CB5, CG1, CG2, CG10, CMT8, CMI14</b></p>
<p>3. <b>Prácticas de laboratorio.</b> Se formarán grupos de trabajo que tendrán que realizar prácticas de laboratorio regladas o diseños de laboratorio. Las prácticas de laboratorio podrán requerir la realización de un trabajo previo de preparación y finalizar con la redacción de un informe de laboratorio o la inclusión de las distintas experiencias en un cuaderno de laboratorio <b>(28 horas)</b>.</p>	<p><b>CB4, CB5, CB7, CG1, CG2, CG10, CMT8, CMI14</b></p>
Metodología no presencial: Actividades	Competencias
<p>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</p>	<p><b>CB4, CB7, CG1, CG2, CMT8, CMI14</b></p>
<p>1. <b>Estudio individual del material a discutir en clases posteriores y preparación de exámenes:</b> Actividad realizada individualmente por el estudiante cuando analiza, busca e interioriza la información que aporta la materia y que será discutida con sus compañeros y el profesor en clases posteriores <b>(60 horas)</b>.</p>	<p><b>CB4, CB7, CG1, CG2, CMT8, CMI14</b></p>
<p>2. <b>Resolución de problemas prácticos a resolver fuera del horario de clase por parte del alumno:</b> El alumno debe utilizar e interiorizar los conocimientos aportados en la materia. La corrección con toda la clase se realizará por parte de alguno de los alumnos o el profesor según los casos. La corrección individualizada de cada ejercicio la realizará el propio alumno u otro compañero según los casos <b>(método de intercambio) (30 horas)</b>.</p>	<p><b>CB4, CB5, CB7, CG1, CG2, CG10, CMT8, CMI14</b></p>

3. **Preparación de las prácticas.** En este trabajo se incluye el correspondiente al proyecto para aquellos alumnos que hayan optado por realizarlo **(30 horas)**.

**CB4, CB7, CG1, CG2,  
CG10, CMT8, CMI14**



## Parte de Automatización

Semana	ACTIVIDADES PRESENCIALES				ACTIVIDADES NO PRESENCIALES			RESULTADOS DE APRENDIZAJE		
	h/s	Clase teoría	Laboratorio	Evaluación	h/s	Estudio individual de conceptos teóricos	Resolución de problemas	Preparación previa e informe de prácticas de laboratorio	Resultados de aprendizaje	Descripción
1	4	Introducción. Arquitectura de un sistema automatizado.	Práctica 1: Automatismos cableados	Evaluación del laboratorio mediante resultados durante la sesión e informe al final de la sesión.	8	Estudio de contenidos teóricos asociados		Preparación de práctica	RA1, RA2 y RA8	Arquitectura de un sistema automatizado
2	4	Automatismos cableados y programados.	Práctica 2: Introducción al PLC	Evaluación del laboratorio mediante resultados durante la sesión e informe al final de la sesión.	8	Estudio de contenidos teóricos asociados	Resolución de ejercicios asociados	Preparación de práctica	RA1, RA2, RA3, RA4 y RA8	Elementos para la automatización, metodologías para la automatización
3	4	Grafcet.	Práctica 3: GRAFCET	Evaluación del laboratorio mediante resultados durante la sesión e informe al final de la sesión.	8	Estudio de contenidos teóricos asociados	Resolución de ejercicios asociados	Preparación de práctica	RA1, RA2, RA3, RA4 y RA8	Elementos para la automatización, metodologías para la automatización
4	4	Ejemplos de sistemas automatizados básicos.	Práctica 4: PANEL I	Evaluación del laboratorio mediante resultados durante la sesión e informe al final de la sesión.	8	Estudio de contenidos teóricos asociados	Resolución de ejercicios asociados	Preparación de práctica	RA1, RA2, RA3, RA4 y RA8	Elementos para la automatización, metodologías para la automatización
5	4	Puestos y centros de control	Práctica 5: PANEL II	Evaluación del laboratorio mediante resultados durante la sesión e informe al final de la sesión. Prueba de seguimiento	8	Estudio de contenidos teóricos asociados		Preparación de práctica	RA1, RA2, RA3, RA4 y RA8	Elementos para la automatización, metodologías para la automatización
6	4	Arquitectura ISA	Práctica 6: Visión artificial	Evaluación del laboratorio mediante resultados durante la sesión e informe al final de la sesión.	8	Estudio de contenidos teóricos asociados y/o preparación de proyecto		Preparación de práctica	RA1, RA2, RA3, RA4 y RA8	Elementos para la automatización, metodologías para la automatización y normativa
7	4	Ejemplos de sistemas automatizados complejos	Práctica 7: RFID	Evaluación del laboratorio mediante resultados durante la sesión e informe al final de la sesión. Entrega de descripción de proyecto si lo hay	8	Estudio de contenidos teóricos asociados y/o preparación de proyecto	Resolución de ejercicios asociados	Preparación de práctica	RA6, RA7 y RA8	Elementos para la automatización, metodologías para la automatización y normativa
8	4	Otras metodologías de diseño	Práctica 8: Montaje	Evaluación del laboratorio mediante resultados durante la sesión e informe al final de la sesión.	8	Estudio de contenidos teóricos asociados y/o preparación de proyecto	Resolución de ejercicios asociados	Preparación de práctica	RA1, RA2, RA3, RA4 y RA8	Elementos para la automatización, metodologías para la automatización y normativa
9	4	Confiabilidad de un sistema automatizado	Práctica 9: Integración	Evaluación del laboratorio mediante resultados durante la sesión e informe al final de la sesión. Entrega de proyecto si lo hay	8	Estudio de contenidos teóricos asociados y/o preparación de proyecto	Resolución de ejercicios asociados	Preparación de práctica	RA1, RA2, RA3, RA4 y RA8	Elementos para la automatización, metodologías para la automatización, normativa y estudio de riesgos.

## Parte de Control Avanzado

Semana	ACTIVIDADES PRESENCIALES				ACTIVIDADES NO PRESENCIALES			RESULTADOS DE APRENDIZAJE		
	h/s	Clase teoría	Laboratorio	Evaluación	h/s	Estudio individual de conceptos teóricos	Resolución de problemas	Preparación previa e informe de prácticas de laboratorio	Resultados de aprendizaje	Descripción
1	4	Introducción al control avanzado: limitaciones del control PID	Práctica 1: control PID sin desacoplo		2	Lectura y estudio de los contenidos teóricos vistos del Tema 1 (3h)			RA 5	Comprender las limitaciones de los controles PID que justifican el uso de técnicas de Control Avanzado.
2	4	Implantación digital de controles. Introducción al control predictivo	Práctica 2: control PID desacoplado	Evaluación del laboratorio mediante concurso de diseños.	8	Estudio de los contenidos teóricos de los Temas 1 y 2 (4h)			RA 6, RA 7 y RA 8	Entender las implicaciones que conlleva la implantación digital de un control y cómo afrontarlas. Comprender de forma intuitiva los fundamentos y componentes de un control predictivo: modelo de predicción, función objetivo y horizonte deslizante.
3	4	Diseño de controles predictivos.	Práctica 3: fundamentos del control predictivo		8	Estudio de los contenidos teóricos del Tema 2 (4h)			RA 6 y RA 7	Comprender y aplicar los compromisos de diseño habituales de un control predictivo: periodo de control, horizontes de predicción y control, pesos de la función de coste y restricciones.
4	4	Diseño de controles predictivos. Introducción al control adaptativo.	Práctica 4: diseño de un control predictivo	Evaluación del laboratorio mediante concurso de diseños.	8	Estudio de los contenidos teóricos de los Temas 2 y 3 (4h)			RA 6, RA 7 y RA 8	Entender la utilidad de un control adaptativo para sistemas no lineales y las diferentes estructuras disponibles: programación de ganancia, control autoajutable y control adaptativo basado en modelo de referencia.
5	4	Aplicación del control adaptativo. Aplicación del control avanzado en la industria.	Práctica 5: control predictivo con programación de ganancias (control adaptativo)	Evaluación del laboratorio mediante concurso de diseños.	8	Cerrar el estudio de todos los contenidos del Tema 3 (3h)			RA 6, RA 7 y RA 8	Ejemplos de aplicación del control adaptativo. Visión de conjunto de la aplicación del Control Avanzado en la Industria.

## EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	PESO
<ul style="list-style-type: none"> <li>Examen Final o Proyecto Equivalente.</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>	<b>Ver criterios de calificación</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pruebas de seguimiento</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> </ul>	<b>Ver criterios de calificación</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Prácticas de laboratorio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comprensión de conceptos.</li> <li>Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos en el laboratorio.</li> <li>Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en los problemas resueltos.</li> <li>Capacidad de trabajo en grupo.</li> <li>Presentación y comunicación escrita.</li> </ul>	<b>Ver criterios de calificación</b>

### Criterios de Calificación

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

- Nota obtenida en el bloque automatización multiplicada por 2/3
- Nota obtenida en el bloque control avanzado multiplicada por 1/3

siempre que la nota obtenida en cada bloque sea mayor que 5. En caso contrario, la calificación final será la menor de los dos bloques.

El bloque automatización se califica de la siguiente manera:

- 40% nota examen final.
- 10% nota pruebas de seguimiento.
- 50% nota prácticas de laboratorio.

siempre que las notas examen final y prácticas de laboratorio sean mayores que 5. En caso contrario, la calificación final será la menor de ellas.

Aquellos alumnos con nota media en las pruebas de seguimiento mayor que 7,5 y nota acumulada en las prácticas mayor que 8, podrán sustituir el examen final de teoría por la realización de un proyecto de automatización de complejidad media.

El bloque control avanzado se califica de la siguiente manera:

- 70% nota examen final
- 30% nota de laboratorio

siempre que la nota del examen final sea superior a 5. En caso contrario, la calificación final será la del examen final.

La calificación en la convocatoria extraordinaria de la asignatura se obtendrá de la misma manera que en la convocatoria ordinaria sustituyendo la nota del examen final por la obtenida en la prueba extraordinaria. La prueba extraordinaria tendrá dos partes: bloque automatización y bloque control avanzado.

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.

## RESUMEN PLAN DE LOS TRABAJOS Y CRONOGRAMA

Actividades presenciales y no presenciales	Fecha de realización	Fecha de entrega
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruebas de seguimiento</li> </ul>	<u>Automatización:</u> semana 4 o 5 <u>Control:</u> No	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Examen final</li> </ul>	<u>Automatización:</u> periodo ordinario de exámenes <u>Control:</u> al terminar el bloque de control o en el periodo ordinario de exámenes	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prácticas de laboratorio</li> </ul>	<u>Automatización y Control:</u> semanalmente	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectura y estudio de los contenidos teóricos</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 prueba de seguimiento y del examen final o proyecto equivalente</li> </ul>	A lo largo del semestre	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparación de prácticas de laboratorio</li> </ul>	Semanalmente	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de los informes de laboratorio</li> </ul>		<u>Automatización:</u> Al final de la sesión excepto proyecto. <u>Control:</u> no

RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO			
HORAS PRESENCIALES			
Lección magistral	Resolución de problemas	Prácticas laboratorio	Evaluación
20	8	28	4
HORAS NO PRESENCIALES			
Trabajo autónomo sobre contenidos teóricos	Trabajo autónomo sobre contenidos prácticos	Realización de trabajos colaborativos	Estudio
30	30	30	30
<b>CRÉDITOS ECTS:</b>			<b>6 (180 horas)</b>

## BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

### Bibliografía Básica

- Transparencias y apuntes de la asignatura

### Bibliografía Complementaria

#### Libros de texto

- Åström, Wittenmark. Adaptive Control. Addison-Wesley, 1989
- Camacho, Bordons. Model Predictive Control, Springer Verlag, 2004.
- Martín-Sánchez, Rodellar. Adaptive Predictive Control, Prentice Hall, 1995
- Manuales de los equipos a utilizar (PLC, robot, etc.)