

## 29823 - Ingeniería de control

### Información del Plan Docente

**Año académico:** 2022/23

**Asignatura:** 29823 - Ingeniería de control

**Centro académico:** 110 - Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
326 - Escuela Universitaria Politécnica de Teruel

**Titulación:** 440 - Graduado en Ingeniería Electrónica y Automática  
444 - Graduado en Ingeniería Electrónica y Automática

**Créditos:** 6.0

**Curso:** 3

**Periodo de impartición:** Primer semestre

**Clase de asignatura:** Obligatoria

**Materia:**

## 1. Información Básica

### 1.1. Objetivos de la asignatura

**La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

Los objetivos de la asignatura son de dos tipos:

1) Teóricos: Se persigue que el alumno conozca y maneje con soltura contenidos teóricos que sustentan el control de sistemas usando el computador. Al finalizar la asignatura el alumno será capaz de:

- Comprender el papel del computador como elemento de control.
- Representar el comportamiento de sistemas y señales continuas en dominio de tiempo discreto, así como la transformación entre uno y otro dominio.
- Analizar en el dominio de tiempo discreto el comportamiento de sistemas de una o varias variables.
- Diseñar e implementar algoritmos de control.
- Diseñar e implementar algoritmos de estimación de variables.

2) Prácticos: Se persigue que el alumno sepa desenvolverse con soltura en un entorno de aplicación de control, aplicando y analizando el alcance de los contenidos teóricos aprendidos. Al finalizar la asignatura el alumno será capaz de:

- Modelar y Simular sistemas de una y varias variables.
- Programar controladores y estimadores de sistemas de una y varias variables.
- Experimentar con los sistemas a controlar.

Estos planteamientos y objetivos están alineados con algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, de la Agenda 2030 (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>) y determinadas metas concretas, de tal manera que la adquisición de los resultados de aprendizaje de la asignatura proporciona capacitación y competencia al estudiante para contribuir en cierta medida a su logro:

- Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
  - Meta 3.6: "Para 2020, reducir a la mitad el número de muertes y lesiones causadas por accidentes de tráfico en el mundo. 3.9 Para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo". Los vehículos actuales incluyen numerosos sistemas de control automático y se espera que su uso sea todavía mayor en el futuro. El sistema ABS, la dirección asistida, el control de crucero adaptativo o los futuros algoritmos de conducción autónoma son sistemas que han permitido y permitirán reducir enormemente el riesgo de accidente. Por otro lado, los sistemas electrónicos de control del motor también han contribuido en los últimos años a reducir las emisiones contaminantes de los vehículos de combustión interna. Todos los contenidos de la asignatura capacitan al estudiantado a desarrollar este tipo de sistemas en su futuro profesional.
- Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.

- Meta 7.3: "De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética". La eficiencia energética es un aspecto clave en el diseño de sistemas de control automático.
- Objetivo 8: Trabajo decente y crecimiento económico.
  - Meta 8.2: "Lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación, entre otras cosas centrándose en los sectores con gran valor añadido y un uso intensivo de la mano de obra". Todos los contenidos de control automático de la asignatura capacitan a los estudiantes para que en su futuro profesional puedan contribuir la mejora tecnológica de la industria, especialmente en lo referido a la automatización y la robotización, lo que en esencia representa uno de los sectores productivos de mayor valor añadido.
- Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructuras.
  - Meta 9.4: "De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas". La eficiencia energética es un aspecto clave en el diseño de sistemas de control automático.

## 1.2. Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Ingeniería de control es una asignatura de la rama de tecnologías específica. En este contexto se presentan los conceptos avanzados del control de sistemas continuos abordando aspectos teóricos, de implementación y de su implantación y aplicación. Los estudiantes han cursado en semestres anteriores asignaturas de Matemáticas, Física, Electrónica, Informática, Señales y Sistemas y Sistemas Automáticos necesarias para comprender los principios básicos utilizados en la asignatura.

El estudiante aprende en esta asignatura a analizar sistemas continuos y diseñar sistemas de control por computador con técnicas basadas, tanto en la representación externa como en la interna. Al finalizar la asignatura el estudiante será capaz de comprender la trascendencia y ventajas del control de sistemas, su importancia en los procesos industriales desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, así como de realizar su análisis y diseño.

## 1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

En esta asignatura se presentan conceptos y técnicas de control por computador para tratar con sistemas de una y varias variables. Al finalizar, el estudiante será capaz de modelar sistemas, analizar su comportamiento, diseñar esquemas de control y estimación, e implementarlos usando un lenguaje convencional y con controladores industriales comerciales.

Por razones pedagógicas y de contenidos es recomendable haber cursado las materias **Matemáticas I, II, III, Física I, II, Fundamentos de Electrotecnia, Fundamentos de Electrónica, Fundamentos de Informática, Señales y Sistemas y Sistemas Automáticos**. El estudio previo de estas materias proporciona al estudiante las herramientas básicas necesarias para desarrollar, analizar, simular, controlar un sistema real y conseguir su funcionamiento automático.

El estudio y trabajo continuado, desde el primer día del curso, son fundamentales para superar con el máximo aprovechamiento la asignatura. Es importante resolver cuanto antes las dudas que puedan surgir, para lo cual el estudiante cuenta con la asistencia del profesor, tanto durante las clases como en las horas de tutoría destinadas a ello.

# 2. Competencias y resultados de aprendizaje

## 2.1. Competencias

### Competencias básicas:

- Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

### Competencias generales:

- Capacidad para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de Ingeniería, así como para la redacción y firma de proyectos en el ámbito de la ingeniería industrial que tiene por objeto el Grado.

### Competencias específicas:

- Conocimientos de regulación automática y técnicas de control y su aplicación a la automatización industrial.
- Capacidad para diseñar sistemas de control y automatización industrial.

### Competencias transversales:

- Capacidad para combinar los conocimientos básicos y los especializados de Ingeniería para generar propuestas innovadoras y competitivas en la actividad profesional.
- Capacidad para resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- Capacidad para aplicar las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Ingeniería.
- Capacidad para comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en castellano.
- Capacidad para usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la misma.
- Capacidad para trabajar en un grupo multidisciplinar y en un entorno multilingüe.
- Capacidad para aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.

## 2.2. Resultados de aprendizaje

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

Conoce y sabe aplicar las técnicas básicas de diseño de control de sistemas muestreados.

Sabe aplicar las técnicas de diseño al control por computador.

Conoce y sabe aplicar las técnicas básicas de diseño basado en el espacio de estados. Sistemas continuos y muestreados.

Conoce y sabe utilizar los controladores industriales comerciales.

Sabe diseñar una arquitectura de control y elegir la tecnología más adecuada para cada componente.

## 2.3. Importancia de los resultados de aprendizaje

Los conocimientos que el estudiante adquiere en Ingeniería de control le sumergen en los aspectos avanzados del control y automatización de sistemas y procesos. Actualmente en el sector productivo se ha alcanzado a un alto grado de automatización. El control de las operaciones es realizado mediante reguladores industriales, computadores industriales, autómatas programables, controladores específicos, robots, etc. La comprensión avanzada de los procesos y las técnicas para controlarlos de forma automática pueden aportar grandes mejoras en las condiciones de trabajo, en el medio ambiente, en la calidad del producto y en la competitividad del sector que se trate. Con esta asignatura el estudiante será capaz de analizar y diseñar sistemas de control complejos, en los que intervienen diversas variables que interaccionan entre sí.

Los resultados de aprendizaje de esta asignatura dotan al estudiante de capacidad de análisis de situaciones reales de control de procesos industriales y le capacitan para proponer esquemas y calcular los parámetros de control adecuados que permitan cumplir con unos requisitos de funcionamiento dados. Estos resultados, y las capacidades y habilidades de ellos derivadas, tienen una gran importancia en el entorno industrial, donde el control de procesos y sistemas es una pieza clave y fundamental para el desarrollo del producto, permitiendo reducir costes, tanto económicos como ambientales, y aumentar la calidad final del producto.

# 3. Evaluación

## 3.1. Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

### EVALUACIÓN EN LA EINA DE ZARAGOZA.

De acuerdo con la normativa de la Universidad de Zaragoza la evaluación de esta asignatura se establece como de ?Evaluación continua?.

#### Evaluación continua

Para superar la asignatura por evaluación continua consta de dos apartados:

- Evaluación escrita (Ee, 60%). Dos pruebas en periodo de clases mas otra en la banda de evaluación continua.
- Evaluación práctica (Ep, 40%). Presentación del funcionamiento de algoritmos de control en un sistema real.

**Si** (Ee>5 & Ep>5)

**Entonces** La calificación final será  $Ef = 0.6 \cdot Ee + 0.4 \cdot Ep$ .

**Sino** La calificación final será  $Ef =$  Suspenseo y el alumno puede ir a Evaluación Global

#### - Evaluación escrita - Ee

La parte de evaluación continua basada en pruebas escritas consta de 3 controles a lo largo del semestre, uno de los cuales se realizará en la banda de evaluación continua establecida por el Centro. Cada control incluye o puede incluir: preguntas de teoría; resolución de ejercicios/problemas; cuestiones relacionadas con las prácticas de laboratorio (la mera asistencia a prácticas no puntúa) y cuestiones cortas relacionadas con la resolución de problemas prácticos. Los controles duran entre una y dos horas, en total sumarán una duración máxima de cinco horas. Las fechas previstas se comunicarán al Coordinador del grado con el fin de coordinarlas con las actividades de otras asignaturas.

La calificación de la Evaluación escrita será:

$E_e = 0.30 \cdot EC_1 + 0.30 \cdot EC_2 + 0.40 \cdot EC_3$  y siendo  $EC_1$ ,  $EC_2$  y  $EC_3$  las notas en los 3 controles. Los controles aprobados no eliminan materia para el examen oficial de la convocatoria y solo hay una prueba para cada control.

#### - Evaluación práctica - Ep

Se trata de realizar el modelado, la simulación, implementación de control, y puesta en funcionamiento de algoritmos obtenidos con modelos de Función de Transferencia y de Espacio de Estados, sobre un sistema real (o virtual) preparado para un contexto pedagógico. Al finalizar, el alumno presenta una breve memoria y el trabajo realizado enfatizando la metodología, el análisis y discusión de resultados. La calificación será Ep.

Al menos hay que implementar un algoritmo PID y un algoritmo de control con estimación de estado en Espacio de Estados.

#### Prueba global en convocatorias oficiales

El estudiante puede superar la asignatura mediante el procedimiento de Evaluación continua descrito anteriormente. De acuerdo con la normativa vigente, el estudiante que no supere de esta manera la asignatura puede realizar una prueba global en las convocatorias oficiales. En la prueba global se incluyen cuestiones de teoría y problemas (80%) y cuestiones sobre las prácticas de laboratorio (20%).

#### EVALUACIÓN EN LA EUP DE TERUEL.

La evaluación de esta asignatura es de tipo "global". Se basará en 2 ítems de calificación:

- T = Prueba escrita individual (80%). Calificada entre 0 y 10 puntos. Evaluación desde el punto de vista teórico y de resolución de problemas.

- P = Evaluación del trabajo práctico (20%). Calificada entre 0 y 10 puntos. Evaluación de la actividad realizada a lo largo del curso (en cada sesión de prácticas), en base al estudio previo, desarrollo del trabajo, elaboración de memorias, resolución de cuestiones, etc.

En caso de que un estudiante no haya realizado a lo largo del curso las actividades evaluadas en el ítem P = Evaluación del trabajo práctico (o bien si desea mejorar la calificación obtenida durante el curso), cada convocatoria oficial contemplará, además de la prueba escrita individual, pruebas individuales (a realizar en el laboratorio) que permitan evaluar dicho ítem.

Para superar la asignatura, debe alcanzarse simultáneamente una calificación mínima de 4.0 puntos sobre 10 en la prueba escrita (T) y una calificación global de 5 puntos sobre 10 en la calificación global. La calificación global de la asignatura por tanto, se calcula como se muestra a continuación: Si  $(T \geq 4)$ , la calificación será:  $N = (0.8 \times T + 0.2 \times P)$ . Si  $(T < 4)$ , la calificación será:  $N = \text{mínimo}\{4, (0.8 \times T + 0.2 \times P)\}$ . La asignatura se supera con una calificación global de 5 puntos sobre 10 ( $N \geq 5$ ).

## 4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos

### 4.1. Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

El proceso de enseñanza se desarrollará en tres niveles principales: clases de teoría, problemas y prácticas. Se establecen mecanismos para analizar el seguimiento de la asignatura y su trabajo personal.

- En las clases de teoría se expondrán los fundamentos y base teórica de la asignatura ilustrado con ejemplos prácticos.
- En las clases de problemas se desarrollarán problemas y casos tipo, con la participación de los estudiantes.
- Se desarrollarán prácticas individualmente o en grupos de dos alumnos, donde el estudiante pone en práctica los conceptos de interés, implementando en simulación y en sistema reales los esquemas de control diseñados.
- Asimismo, para motivar al estudiante se llevarán a cabo actividades de aprendizaje relacionadas con ejemplos de aplicación real.

### 4.2. Actividades de aprendizaje

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

#### 1) Clase magistral (tipo T1) (30 horas).

Sesiones de presentación magistral de contenidos teóricos y prácticos. Se presentan los conceptos y fundamentos del control por computador y su transcendencia ilustrándolos con ejemplos reales. Se fomenta la participación del estudiante a través de preguntas y breves debates.

En la Escuela Universitaria Politécnica de Teruel (EUPT) la titulación se imparte en dos modalidades diferentes: presencial y semipresencial. Para la modalidad presencial aplica lo indicado anteriormente. Para la modalidad semipresencial, las sesiones de contenidos teóricos tendrán formato de vídeo subido a la plataforma Moodle.

#### 2) Clases de problemas y resolución de casos (tipo T2) (15 horas).

Se desarrollan problemas y casos de estudio con la participación de los estudiantes en grupos reducidos y coordinados con los contenidos teóricos. Se fomenta que el estudiante trabaje previamente los problemas.

#### 3) Prácticas de laboratorio (tipo T3) (15 horas).

El estudiante realiza la simulación, puesta en marcha y análisis de sistemas de automatización y control reales. Dispone de un guion de la práctica, compuesto de estudio previo y apartados de realización práctica. El estudio previo debe realizarse antes de la práctica. Las **prácticas** a realizar son:

- Herramientas de simulación y control de sistemas.
- Control por computador de una maqueta.
- Modelado y análisis de un sistema basado en descripción interna.
- Diseño e implementación de un controlador en el espacio de estados.
- Diseño e implementación de un controlador con observador.

#### 4) Estudio (tipo T7) (82 horas no presenciales).

Estudio personal del estudiante de los conceptos teóricos y realización de problemas. Se fomenta el trabajo continuo del estudiante mediante la distribución homogénea a lo largo del semestre de las diversas actividades de aprendizaje. Se incluyen aquí las tutorías, como atención directa al estudiante, identificación de problemas de aprendizaje, orientación sobre la asignatura, atención a ejercicios y dudas.

#### 5) Pruebas de evaluación (tipo T8) (8 horas).

Además de la función calificadora, la evaluación también es una herramienta de aprendizaje con la que el alumno comprueba el grado de comprensión y asimilación alcanzado. De las horas indicadas, el número máximo que ocupará la evaluación continua será de 5 horas.

### 4.3. Programa

Los contenidos que se desarrollan son los siguientes.

#### PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

- Tema 1: Introducción.
- Tema 2: Muestreo y reconstrucción de señales. Análisis de sistemas en tiempo discreto.
- Tema 3: Diseño de controladores digitales. Tecnologías.
- Tema 4: Identificación de sistemas.
- Tema 5: Descripción interna. Sistemas multivariables continuos y muestreados. Análisis. Controlabilidad y observabilidad.
- Tema 6: Control basado en la descripción interna.
- Tema 7: Observadores. Diseño de sistemas de control con observadores.
- Tema 8: Control borroso

### 4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave

#### Calendario de sesiones

Las clases magistrales y de problemas y las sesiones de prácticas en el laboratorio se imparten según horario establecido por el centro (horarios disponibles en su página web).

El profesor informa de su horario de atención de tutoría por los canales establecidos.

El resto de actividades se planifica en función del número de alumnos y se da a conocer con la suficiente antelación. Puede consultarse en <https://moodle2.unizar.es/add/>.

El calendario detallado de las diversas actividades a desarrollar se establecerá una vez que la Universidad y el Centro hayan aprobado el calendario académico (el cual podrá ser consultado en la página web del centro).

La relación y fecha de las diversas actividades, junto con todo tipo de información y documentación sobre la asignatura, se publicará en el Anillo Digital Docente (ADD) de la Universidad de Zaragoza.

A título orientativo:

- Cada semana hay programadas 3h de clases.
- Aproximadamente cada dos semanas el estudiante realizará una práctica.
- Se pueden programar sesiones para resolución de dudas.
- Controles escritos relacionados con la evaluación continua (apartado de evaluación).
- Las actividades adicionales que se programen (trabajos, pruebas, seminarios, etc.) se anunciarán con suficiente antelación, tanto en clase como en el ADD.
- Las fechas de los exámenes y pruebas de convocatoria oficial las fijará la dirección del Centro.

En la EUPT la titulación se imparte en dos modalidades diferentes: **presencial y semipresencial**. Para la modalidad presencial aplica todo lo indicado anteriormente. Los estudiantes que elijan la modalidad semipresencial dispondrán desde el comienzo de curso del material de trabajo (plataforma Moodle) y de las referencias bibliográficas que les permitan seguir el curso de modo autónomo. En la semana en la que los estudiantes presenciales realicen una práctica de laboratorio, el profesor hará las adaptaciones en las sesiones y habilitará los medios (tutorías) para poder atender las dudas que puedan surgir a los estudiantes de la modalidad semipresencial.