Universidad de Alcalá

GUÍA DOCENTE

Ingeniería de Control Electrónico

Grado en
Ingeniería en Electrónica y Automática Industrial

Universidad de Alcalá

Curso Académico 2022/2023

3er Curso - 2º Cuatrimestre

Aprobada en Junta de Escuela el día 3 de junio de 2022

GUÍA DOCENTE

Nombre de la asignatura:	**Ingeniería de Control Electrónico**
Código:	**600020**
Titulación en la que se imparte:	**Grado en** **Ingeniería en Electrónica y Automática Industrial**
Departamento y Área de Conocimiento:	**Electrónica** **Tecnología Electrónica**
Carácter:	**Obligatoria**
Créditos ECTS:	**6.0**
Curso y cuatrimestre:	**3er Curso, 2º Cuatrimestre**
Profesorado:	Consultar página web de la asignatura.
Horario de Tutoría:	Consultar al comienzo de la asignatura
Idioma en el que se imparte:	Español

1a. PRESENTACIÓN

El objetivo de esta asignatura es doble. Por una parte, que el alumno complete su formación en ingeniería de control abordando el análisis y síntesis de control multivariable en el espacio de estados y de técnicas de control avanzado. Y, por otra parte, se persigue que el alumno aplique los fundamentos de control adquiridos sobre una planta real, controlada por computador (sistema electrónico digital), completando así el ciclo: identificación y modelado de la planta, diseño del controlador, implementación y validación de resultados.

Para el mejor seguimiento y aprovechamiento de las asignatura el alumno deberá contar con los conocimientos previos impartidos en las asignaturas de Ingeniería de Control I y II.

1b. COURSE SUMMARY

The aim of this course is twofold. On the one hand, the student completes his training in control engineering, dealing with the analysis and synthesis of multivariable control in the state space domain as well as the understanding of advanced control techniques. On the other hand, the student applies the theoretical knowledge by implementing the electronic controller in a hardware platform. The student thus completes the design cycle in control systems: plant modeling, control design, simulation, electronics implementation, and validation. The main concepts covered in the course are the following: plant modeling and parameter identification based on experimentation, fundamentals of multivariable control, design of servo-systems and observers based on eigenvalue relocation, basics of optimal control and optimal estimation, and electronic control implementation of motion actuators (driving and steering) based on DC motor.
For a better understanding of the course, it will be necessary to have prior knowledge acquired in the courses of Control Engineering I and II.

2. COMPETENCIAS

Competencias básicas, generales y transversales.

Esta asignatura contribuye a adquirir las siguientes competencias básicas, generales y transversales definidas en el apartado 3 del Anexo de la Orden CIN/351/2009:

TR2 - 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.

TR3 - 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.

TR4 - Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.

TR5 - Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.

TR9 - Capacidad de trabajar en un entorno multilingüe y multidisciplinar.

TRU1 - Capacidad de análisis y síntesis.

TRU2 - Comunicación oral y escrita.

TRU3 - Capacidad de gestión de la información.

TRU4 - Capacidad de aprendizaje autónomo.

TRU5 - Capacidad para trabajar en equipo.

Competencias de Carácter Profesional

Esta asignatura proporciona la(s) siguiente(s) competencia(s) de carácter profesional definida(s) en el apartado 5 del Anexo de la Orden CIN/351/2009:

CEI7 - Conocimiento y capacidad para el modelado y simulación de sistemas.

CEI8 - Conocimientos de regulación automática y técnicas de control y su aplicación a la automatización industrial.

CEI11 - Capacidad para diseñar sistemas de control y automatización industrial.

Resultados de aprendizaje

Al terminar con éxito esta asignatura/enseñanza, los estudiantes serán capaces de:

RA14 - Reconocer técnicas de control multivariable y avanzadas.

RA15 - Identificar sistemas de control electrónico por computador y sus aplicaciones industriales.

RA16 - Diseñar sistemas electrónicos de control.

RA17 - Aplicar herramientas de diseño e implementación asistidos por computador al control de prototipos reales.

3. CONTENIDOS

Bloques de contenido	Total de clases, créditos u horas
Introducción. Guía docente: competencias, resultados de aprendizaje, contenidos y evaluación de la asignatura.	2 horas
Identificación y control electrónico de un sistema real. Aplicación de técnicas de modelado e identificación de prototipo real. Implementación de controladores mediante computador.	16 horas
Fundamentos de control multivariable (CMV). Propiedades de CMV. Representación de sistemas en el espacio de estados. Discretización. Solución de ecuación de estado. Estabilidad, controlabilidad y observabilidad.	8 horas
Diseño de controladores y observadores en el espacio de estados. Técnicas de CMV por realimentación del vector de estado. Regulación. Seguimiento de referencia. Observador completo y reducido.	20 horas
Técnicas de control avanzado. Revisión de técnicas de control avanzado. Técnicas de control óptimo. Técnicas de estimación óptima.	6 horas

Cronograma Orientativo.

	Contenido	
Semana	**Grupo Grande**	**Grupo Pequeño**
01ª	Introducción. Fundamentos de CMV	Herramientas de diseño e implementación de sistemas de control asistido por computador.
02ª	Modelado de sistemas en VVEE	Estudio de prototipo real de sistema a controlar
03ª	Discretización de sistemas en VVEE	Modelado de un sistema real.
04ª	Ecuación de estado, solución	Identificación de un sistema real
05ª	Estabilidad, controlabilidad, observabilidad	Diseño Control PID-velocidad
06ª	Regulación	Implementación de control PID por computador (I)
07ª	Seguimiento de referencia	Implementación de control PID por computador (II)
08ª	Prueba evaluación intermedia PEI1	Entregable 1 (semana límite de entrega)
09ª	Observador completo	Modelado e identificación en VVEE de planta real
10ª	Observador reducido	Diseño de servosistema en VVEE
11ª	Introducción al control avanzado	Diseño de observador en VVEE
12ª	Técnicas de control óptimo.	Implementación de control de prototipo real en VVEE (I)
13ª	Técnicas de estimación óptima	Implementación de control de prototipo real en VVEE (II)
14ª	Prueba evaluación intermedia PEI2	Entregable 2 (semana límite de entrega)

4 horas/semana, 2 horas teóricas (grupo grande) + 2 horas prácticas (grupo pequeño)

4. METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE. ACTIVIDADES FORMATIVAS

4.1. Distribución de créditos (especificar en horas)

Número de horas presenciales:	58 horas (56 horas de clase presencial +2 horas de evaluación)
Número de horas del trabajo propio del estudiante:	92 (Incluye horas de estudio, elaboración de actividades, preparación de exámenes)
Total horas	150

4.2. Estrategias metodológicas, materiales y recursos didácticos

En el proceso de enseñanza-aprendizaje se realizarán las siguientes actividades formativas:

- Clases Teóricas. Grupos grandes
- Clases Prácticas: resolución de problemas. Grupos grandes
- Clases Prácticas: laboratorio. Grupos pequeños
- Tutorías: individuales y/o grupales
- Trabajo del alumno, previo y posterior a las clases. Trabajo que contará con el apoyo de la información disponible para cada tema en la página web de la asignatura

De forma coordinada con las clases teóricas se propondrán clases prácticas orientadas a la resolución de problemas y clases de laboratorio donde el alumno podrá aplicar los conceptos adquiridos al control de prototipos reales y/o simulados.

Para la realización de las prácticas, el alumno dispondrá en el laboratorio de un puesto con un ordenador y herramientas de simulación/diseño de sistemas de control, así como del equipamiento necesario (motor, encóder, interfaz electrónico e instrumental propio de un laboratorio electrónico) para la implementación de soluciones de control digital.

El profesorado de esta asignatura proporcionará materiales propios elaborados específicamente para ella (documentos de fundamentos teóricos, colecciones de ejercicios y problemas, manuales de prácticas, audiovisuales, etc.) de manera que el alumno puede cumplir con los objetivos de la asignatura, así como alcanzar las competencias previstas.

El alumno dispondrá a lo largo del cuatrimestre de tutorías para resolver las dudas y afianzar los conocimientos adquiridos. Tutorías que, además, ayudarán a realizar un adecuado seguimiento de los alumnos y a evaluar el buen funcionamiento de los mecanismos de enseñanza-aprendizaje.

5. EVALUACIÓN: Procedimientos, criterios de evaluación y calificación

Preferentemente se ofrecerá a los alumnos un sistema de evaluación continua que tenga características de evaluación formativa de manera que sirva de realimentación en el proceso de enseñanza-aprendizaje por parte del alumno.

5.1. PROCEDIMIENTOS

La evaluación debe estar inspirada en los criterios de evaluación continua (Normativa de Evaluación de los Aprendizajes, NEA, art 3). No obstante, respetando la normativa de la Universidad de Alcalá se pone a disposición del alumno un proceso alternativo de evaluación final de acuerdo a la Normativa de Evaluación de los Aprendizajes según lo indicado en su Artículo 10, los alumnos tendrán un plazo de quince días desde el inicio del curso para solicitar por escrito al Director de la Escuela Politécnica Superior su intención de acogerse al modelo de evaluación no continua aduciendo las razones que estimen convenientes. La evaluación del proceso de aprendizaje de todos los alumnos que no cursen solicitud al respecto o vean denegada la misma se realizará, por defecto, de acuerdo al modelo de evaluación continua. El estudiante dispone de dos convocatorias para superar la asignatura, una ordinaria y otra extraordinaria.

Convocatoria ordinaria

Evaluación continua:

La parte teórica de la asignatura se evaluará mediante dos pruebas de evaluación intermedia **PEI1** y **PEI2**). La parte práctica se valorará mediante la realización de dos prácticas de laboratorio con su

correspondiente entregable de práctica de laboratorio (**EPL1 EPL2**) y evaluación de las mismas. Los alumnos que hayan superado las PEIs y los EPLs están exentos de realizar la prueba de evaluación final (**PEF**), obteniendo una calificación calculada según el promedio de la parte teórica y práctica. La prueba de evaluación final (PEF) de la parte teórica consistirá en un examen final, con dos partes PEF1,2 que faciliten la recuperación de una o de las dos pruebas de evaluación parcial anteriores. La PEF de la parte práctica consistirá en una única práctica global de laboratorio

Evaluación mediante examen final:

De la parte teórica, consistirá en un único examen que cubra todos los resultados de aprendizaje teóricos establecidos para la asignatura. De la parte práctica, consistirá en el diseño y realización de una práctica global de laboratorio que cubra todos los resultados de aprendizaje prácticos establecidos para la asignatura.

Convocatoria extraordinaria

El procedimiento será el mismo que el descrito para la evaluación mediante examen final en la convocatoria ordinaria.

5.2. EVALUACIÓN

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Los Criterios de Evaluación deben atender al grado de adquisición de los resultados de aprendizaje por parte del estudiante. Para ello se definen los siguientes criterios:

CE1. El alumno muestra capacidad e iniciativa a la hora de modelar sistemas reales, identificando componentes lineales y no lineales.

CE2. El alumno puede realizar el diseño completo de un sistema de seguimiento de referencias para una planta multivariable compensando perturbaciones externas.

CE3. El alumno demuestra que puede diseñar observadores determinísticos como parte de un sistema completo de control multivariable.

CE4. El alumno es capaz de integrar conocimientos de electrónica, comunicaciones y teoría de control, así como aplicarlos en la implementación de controladores en laboratorio.

CE5. El alumno ha adquirido conocimientos técnicos suficientes para comparar resultados simulados y experimentales de un sistema realimentado de control multivariable.

INSTRUMENTOS DE CALIFICACIÓN

Esta sección específica los instrumentos de evaluación que serán aplicados a cada uno de los criterios de Evaluación

- **Pruebas de Evaluación Parcial (PEI1 y PEI2).** Consisten en exámenes teóricos que pueden incluir:
  - Preguntas tipo test sobre aspectos básicos de los contenidos desarrollados en clase.
  - Ejercicios relacionados con el análisis y diseño de controladores.
- **Entregables de prácticas de laboratorio (EPL1 y EPL2).** Los entregables consisten en la memoria que recoja el trabajo realizado por el alumno en las sesiones de laboratorio, incluyendo el análisis crítico de resultados. Cada alumno será evaluado individualmente con cuestiones asociadas a los entregables.
- **Pruebas de Evaluación Final (PEF):** En la parte teórica, los alumnos que no hayan superado las pruebas parciales tendrán la oportunidad de recuperarlas en la correspondiente PEF. En la parte práctica, se realizará una única prueba final de laboratorio para los alumnos que no hayan

superado la evaluación continua (EPL1 y EPL2).

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

En la convocatoria **ordinaria–evaluación continua** la relación entre las competencias, resultados del aprendizaje, criterios e instrumentos de evaluación, es la siguiente.

Competencia	Resultado de Aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de evaluación		Peso en la calificación
TR2, TR3,TR5 CEI7,CEI8, CEI11	RA15, RA16	CE1, CE2, CE3	PEI1/PEF1		25%
			PEI2/PEF2		25%
TR4,TR5, TR9, CEI11	RA14, RA17	CE1, CE4, CE5	EPL1	PEF-Lab	25%
			EPL2		25%

Se considerará que los alumnos **han superado la asignatura** (demostrando la consecución de los resultados teórico-prácticos de aprendizaje) siguiendo la evaluación continua si se cumplen los siguientes requisitos:

- Han superado satisfactoriamente las **pruebas teóricas** (PEIs y PEF si se requiere). Se entenderá que un alumno supera los resultados de aprendizaje teóricos satisfactoriamente si su calificación en el conjunto de las pruebas teóricas es igual o superior al 50% de la nota máxima posible habiendo obtenido una nota mínima en cada una de las partes, PEI1-PEF_1 y PEI2-PEF_2, de al menos el 40% de la nota máxima.
- Han superado satisfactoriamente las **prácticas de laboratorio** (EPLs y PEF). Se entenderá que un alumno adquiere satisfactoriamente los resultados de aprendizaje prácticos, si asiste al menos al 80% de las sesiones de laboratorio, completa todas las prácticas y su calificación en las pruebas relacionadas es igual o superior al 50% de la nota máxima obtenible.
- La **calificación final,** habiendo superado la componente teórica y la componente práctica, resultará de la media ponderada de ambas.
- El alumno que siga el modelo de evaluación continua, y sea evaluado en dos o más pruebas de las cuatro posibles (2 PEP, 2 EPL), se considerará **presentado** en la convocatoria ordinaria.

En la convocatoria **ordinaria–evaluación final** la relación entre las competencias, resultados del aprendizaje, criterios e instrumentos de evaluación, es la siguiente.

Competencia	Resultado de Aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de evaluación	Peso en la calificación
TR2, TR3,TR5 CEI7,CEI8, CEI11	RA15, RA16	CE1, CE2, CE3	PEF-Teoría	50%
TR4,TR5, TR9, CEI11	RA14, RA17	CE1, CE4, CE5	PEF-Laboratorio	50%

Se considerará que los alumnos **han superado la asignatura** (demostrando la consecución de los resultados teórico-prácticos de aprendizaje) si se superan independientemente las partes de teoría y laboratorio. La nota final será la media de las calificaciones de ambas pruebas.

Convocatoria extraordinaria

Competencia	Resultado de Aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de evaluación	Peso en la calificación
TR2, TR3,TR5 CEI7,CEI8, CEI11	RA15, RA16	CE1, CE2, CE3	PEF-Teoría	50%
TR4,TR5, TR9, CEI11	RA14, RA17	CE1, CE4, CE5	PEF-Laboratorio	50%

Se considerará que los alumnos **han superado la asignatura** (demostrando la consecución de los resultados teórico-prácticos de aprendizaje) si se superan independientemente las partes de teoría y laboratorio. La nota final será la media de las calificaciones de ambas pruebas.

6. BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía básica

- Documentación elaborada por los profesores de la asignatura,
- Sistemas de Control en Tiempo Discreto. 2ª Edición. Autor: K. Ogata. Editorial: Prentice Hall.
- Multivariable feedback control. Analysis and design. Autor: S. Skogestad and I. Postlehwaite. Editorial John Wiley & Sons.
- Manuales de equipos, instrumentación y herramientas software utilizadas en laboratorio de Ingeniería de Control Electrónico.

6.2. Bibliografía complementaria

- Modern Control Systems. 12 edition. Authors: R. Dorf and R.H. Bishop. Edit Pearson 2011.
- Digital Control Engineering. Analysis and design. Author: M. Sam Fadali. Edit. Elsevier. 2009.
- The Art of Control Engineering. Authors: K. Dutton y otros. Edit. Addison Wesley.
- An introduction to the Kalman Filter. Authors: G. Welch and G. Bishop. TR95-041. May. 23, 2003.
- Análisis, diseño y realización de sistemas electrónicos de control discreto. Autores: F.J. Rodríguez y otros. Servicio de publicaciones, Universidad de Alcalá.
- System Identification: Theory for the User. 2nd Edition. Author: Lennart Ljung. Prentice-Hall 1999.

NOTA INFORMATIVA

La Universidad de Alcalá garantiza a sus estudiantes que, si por exigencias sanitarias las autoridades competentes impidieran la presencialidad total o parcial de la actividad docente, los planes docentes alcanzarían sus objetivos a través de una metodología de enseñanza-aprendizaje y evaluación en formato online, que retornaría a la modalidad presencial en cuanto cesaran dichos impedimentos.