



Universidad  
de Alcalá

# GUÍA DOCENTE

## Sistemas de Control Inteligente

Grado en Ingeniería Informática (G781)  
Grado en Ingeniería Computadores (G591)  
Grado en Ingeniería en Sistemas de Información (G581)  
Grado en Sistemas de Información (G58)

**Universidad de Alcalá**

**Curso Académico 2019/2020**  
**Curso 4º – Cuatrimestre 1º**

## GUÍA DOCENTE

Nombre de la asignatura:	<b>Sistemas de Control Inteligente</b>
Código:	<b>781005</b>
Titulación en la que se imparte:	<b>Grado en Ingeniería de Computadores Grado en Ingeniería Informática Grado en Ingeniería en Sistemas de Información Grado en Sistemas de Información (G58)</b>
Departamento y Área de Conocimiento:	<b>Electrónica / Tecnología Electrónica</b>
Carácter:	<b>Optativo</b>
Créditos ECTS:	<b>6</b>
Curso y cuatrimestre:	<b>4º curso / cuatrimestre 1º</b>
Profesorado:	<b>Consultar página Web:</b> <a href="http://www.depeca.uah.es">http://www.depeca.uah.es</a>
Horario de Tutoría:	<b>Consultar página Web:</b> <a href="http://www.depeca.uah.es">http://www.depeca.uah.es</a>
Idioma en el que se imparte:	<b>Español</b>

### 1.a PRESENTACIÓN

La asignatura de Sistemas de Control Inteligente estudia las técnicas de *soft-computing* y las aplica al diseño de sistemas de control inteligente. La asignatura consta de una parte de teoría y otra de laboratorio donde se comprueban de forma práctica los conceptos teóricos aprendidos. En la primera parte se estudian las redes neuronales, los sistemas borrosos y los algoritmos evolutivos con el objetivo de aplicarlos a la teoría de control inteligente. En la parte de laboratorio el alumno realizará la simulación de un controlador neuronal y un controlador borroso para, finalmente, abordar el diseño, prueba y validación de una práctica final de carácter teórico-práctico donde diseñará un controlador neuro-borroso, lo simulará y lo validará sobre un prototipo robótico real.

### 1.b COURSE SUMMARY

Intelligent Control Systems studies the soft-computing techniques and applies them to the design of intelligent control systems. The course consists of a theoretical part and a laboratory where theoretical concepts learned are practically tested. In the first part, neural networks, fuzzy systems and evolutionary algorithms applied to the

intelligent control theory are studied. In the lab, the students will perform the simulation of a neural controller and a fuzzy controller to finally address the design, testing and validation of a final theoretical-practical work where the students will design, simulate and validate a neuro-fuzzy controller on a real robotic prototype.

## 2. COMPETENCIAS

### Competencias generales:

**CG1:** Capacidad para concebir, redactar, organizar, planificar, desarrollar y firmar proyectos en el ámbito de la ingeniería en informática que tengan por objeto, de acuerdo con los conocimientos adquiridos según lo establecido en el apartado 5 de la resolución BOE-A-2009-12977, la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas, servicios y aplicaciones informáticas.

**CG4:** Capacidad para definir, evaluar y seleccionar plataformas hardware y software para el desarrollo y la ejecución de sistemas, servicios y aplicaciones informáticas, de acuerdo con los conocimientos adquiridos según lo establecido en el apartado 5 de la resolución BOE-A-2009-12977.

**CG6:** Capacidad para concebir y desarrollar sistemas o arquitecturas informáticas centralizadas o distribuidas integrando hardware, software y redes de acuerdo con los conocimientos adquiridos según lo establecido en el apartado 5 de la resolución BOE-A-2009-12977.

**CG8:** Conocimiento de las materias básicas y tecnologías, que capaciten para el aprendizaje y desarrollo de nuevos métodos y tecnologías, así como las que les doten de una gran versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

**CG9:** Capacidad para resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, autonomía y creatividad. Capacidad para saber comunicar y transmitir los conocimientos, habilidades y destrezas de la profesión de Ingeniero Técnico en Informática.

### Competencias específicas:

**CC3:** Capacidad para evaluar la complejidad computacional de un problema, conocer estrategias algorítmicas que puedan conducir a su resolución y recomendar, desarrollar e implementar aquella que garantice el mejor rendimiento de acuerdo con los requisitos establecidos.

**CC4:** Capacidad para conocer los fundamentos, paradigmas y técnicas propias de los sistemas inteligentes y analizar, diseñar y construir sistemas, servicios y aplicaciones informáticas que utilicen dichas técnicas en cualquier ámbito de aplicación.

**CC5:** Capacidad para adquirir, obtener, formalizar y representar el conocimiento humano en una forma computable para la resolución de problemas mediante un sistema informático en cualquier ámbito de aplicación, particularmente los relacionados con aspectos de computación, percepción y actuación en ambientes o entornos inteligentes.

**CC7:** Capacidad para conocer y desarrollar técnicas de aprendizaje computacional y diseñar e implementar aplicaciones y sistemas que las utilicen, incluyendo las dedicadas a extracción automática de información y conocimiento a partir de grandes volúmenes de datos.

### Resultados de aprendizaje:

- **RA1:** Conocimiento y comprensión de conceptos básicos sobre dinámica de sistemas.
- **RA2:** Conocimiento y comprensión de conceptos básicos de redes neuronales, técnicas de control neuronal y de estudio de estabilidad de las mismas.
- **RA3:** Capacidad para diseñar un controlador neuronal SISO y MIMO estable.
- **RA4:** Conocimiento y comprensión de conceptos básicos sobre lógica borrosa, técnicas de control borroso y de estudio de estabilidad de los mismos.
- **RA5:** Capacidad para realizar un diseño analítico de controlador borroso estable.
- **RA6:** Conocimiento y comprensión de conceptos básicos sobre algoritmos evolutivos.
- **RA7:** Capacidad para diseñar un sistema de control inteligente para el desarrollo de una determinada aplicación.

## 3. CONTENIDOS

Bloques de contenido (se pueden especificar los temas si se considera necesario)	Total de clases, créditos u horas
Tema 1: Introducción a los sistemas de control inteligente	• 1 horas
Tema 2: Conceptos básicos de control discreto	• 2 horas
Tema 3: Introducción a las Redes Neuronales	• 5 horas

Tema 4: Control Neuronal	• 6 horas
Tema 5: Introducción a la Lógica Borrosa	• 4 horas
Tema 6: Control Borroso	• 4 horas
Tema 7: Diseño analítico de controladores borrosos estables	• 6 horas
Tema 8: Seminario sobre Algoritmos Evolutivos	• 4 horas
Evaluación (TCB)	• 1 hora
Lab Training 1- Identificación y Control Neuronal	• 6 horas
Lab Training 2 - Control Borroso	• 6 horas
Lab Práctica final. Diseño de un controlador neuro-borroso	• 12 horas
Evaluación (Presentación práctica final)	• 3 horas

## 4. METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE. ACTIVIDADES FORMATIVAS

### 4.1. Distribución de créditos (especificar en horas)

Número de horas presenciales:	60 horas (56 horas de clase presencial + 4 horas de evaluación)
Número de horas del trabajo propio del estudiante:	90
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 y resolución de ejemplos.
- Clases prácticas: laboratorio y resolución de ejercicios y problemas.
- Tutorías: individuales y/o grupales.

Además, se podrán utilizar, entre otros, los siguientes recursos complementarios:

- Trabajos individuales o en grupo: conllevando además de su realización, la correspondiente exposición pública ante el resto de compañeros para propiciar el debate.
- Asistencia a conferencias, reuniones o discusiones científicas relacionadas con la materia.

A lo largo del curso al alumno se le irán proponiendo actividades y tareas tanto teóricas como prácticas. Se realizarán distintas prácticas coordinadamente con la impartición de los conceptos teóricos, de manera que el alumno pueda experimentar tanto individualmente como en grupo, consolidando así los conceptos adquiridos.

Para la realización de las prácticas, el alumno dispondrá en el laboratorio de un puesto con un ordenador con el hardware y software adecuado para el tratamiento digital de imágenes.

Durante todo el proceso de aprendizaje de la asignatura, el alumno deberá hacer uso de distintas fuentes y recursos bibliográficos o electrónicos, de manera que se familiarice con los entornos de documentación que utilizará profesionalmente.

## 5. EVALUACIÓN: Procedimientos, criterios de evaluación y de 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. Para ello se establecen los siguientes:

### 5.1. Procedimientos de evaluación

1. Convocatoria Ordinaria: La evaluación en la convocatoria ordinaria debe estar inspirada en los criterios de evaluación continua (Normativa de Regulación de los Procesos de Enseñanza Aprendizaje, NRPEA, art 3), atendiendo siempre a la adquisición de las competencias especificadas en la asignatura
  - a. *Evaluación Continua*: Consistente en la realización y superación de un test de conocimientos teóricos básicos, de las prácticas de laboratorio y de la realización y superación de una práctica final a lo largo del cuatrimestre.
  - b. *Evaluación Final*: Consistirá en la realización y superación de un test de conocimientos teóricos básicos y de la presentación de una práctica final.
  
2. Convocatoria Extraordinaria: Se plantean dos situaciones
  - a. El alumno que, habiendo participado en el proceso de evaluación continua no obtengan una nota final superior a 5 sobre 10 en la convocatoria ordinaria o no haya superado la parte práctica de la asignatura se podrá presentar a la convocatoria extraordinaria de junio. Esta convocatoria constará de dos partes (teoría y práctica), cada una de las cuales podrá ser convalidada si el alumno ya tiene superada la parte correspondiente en la convocatoria ordinaria.
  - b. El alumno que, habiendo participado en el proceso de evaluación final no obtengan una nota superior a 5 sobre 10 en la convocatoria ordinaria o no haya superado la parte práctica de la asignatura. Esta convocatoria constará de dos partes (teoría y práctica), cada una de las cuales podrá ser convalidada si el alumno ya tiene superada la parte correspondiente en la convocatoria ordinaria.

Para acogerse al proceso de evaluación final, el alumno debe solicitarlo por escrito al director del centro en las dos primeras semanas de su incorporación, indicando las razones que impiden seguir el sistema de evaluación continua. El director del centro comunicará la resolución en un máximo de 15 días. En caso de no haber recibido respuesta, se considera estimada esta solicitud.

## 5.2. Criterios de evaluación

Los Criterios de Evaluación deben atender al grado de adquisición de las competencias por parte del estudiante. Para ello se definen los siguientes.

- **CE1:** Que el alumno sea capaz de resolver correctamente problemas relacionados con el diseño de sistemas de control inteligente.
- **CE2:** El alumno integra los conocimientos explicados en los distintos temas de teoría para poder resolver de manera creativa y original los problemas que se le planteen.
- **CE3:** Que el alumno implemente en la práctica sistemas de control inteligente que den solución a los problemas planteados integrando los conocimientos adquiridos sobre el funcionamiento de los sistemas de control, haciendo uso de los recursos bibliográficos y herramientas informáticas a su alcance.
- **CE4:** El alumno es capaz de generar documentación correctamente redactada, clara y precisa sobre el trabajo realizado en el laboratorio.
- **CE5:** El alumno expone y defiende de manera clara y razonada sus propuestas para la resolución de los problemas planteados.

## 5.3. Instrumentos de calificación

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

1. Test de conocimientos básicos (TCB). Se realizará un test de conocimientos básicos al final del curso que consistirán en una serie de preguntas de respuesta múltiple que abordarán los aspectos teóricos básicos de los temas impartidos.
2. Prácticas de laboratorio (PL). Consiste en la resolución de problemas prácticos en cada uno de los temas empleando las siguientes herramientas informáticas:
  - a. Entorno de programación MATLAB y las toolboxes Neural Network y Fuzzy Logic.
  - b. Entorno de programación de robots Player/Stage.
3. Práctica final (PF). Consiste en el diseño de una aplicación práctica de control inteligente en la que el alumno debe aplicar e interrelacionar los conocimientos teórico-prácticos adquiridos en la asignatura. Se presentará una memoria del trabajo y se realizará una presentación oral del mismo.

## 5.4. Criterios de calificación

Esta sección cuantifica los criterios de evaluación para la superación de la asignatura.



## Convocatoria ordinaria:

### 1) Evaluación continua:

Competencia	Resultado Aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de Evaluación	Peso en la calificación
CG8, CG9, CC4	RA1, RA2, RA4, RA6	CE1, CE2	TCB	40%
CG6, CG9, CC3, CC5, CC7	RA1-RA7	CE1-CE4	PL	20%
CG1, CG4, CG6, CG8, CG9, CC3, CC4, CC5, CC7	RA1-RA7	CE1-CE5	PF	40%

Para considerar superada la evaluación continua, (demostrando la adquisición de las competencias) los alumnos deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Que el alumno haya demostrado que es capaz de dar solución a los problemas prácticos planteados integrando los conocimientos adquiridos sobre el funcionamiento de los sistemas de control inteligente, haciendo uso de los recursos bibliográficos y herramientas informáticas a su alcance, que sea capaz de generar documentación correcta sobre ello, y exponerlo de forma clara y razonada. Se entiende que el alumno ha superado estas competencias si obtiene más de un 4 sobre 10 en la media ponderada de las dos partes prácticas de la asignatura (PL+PF).
- Obtener una calificación global ponderada igual o superior a 5 (sobre 10) entre todos los instrumentos de evaluación.

El alumno que no solicite la evaluación final y no participe en el proceso de evaluación continua, se calificará como **“No Presentado”** en la convocatoria ordinaria. Se considerará que un alumno participa en el proceso de evaluación continua en el momento que realiza el TCB.

### 2) Evaluación final

Competencia	Resultado Aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de Evaluación	Peso en la calificación
CG8, CG9, CC4	RA1, RA2, RA4, RA6	CE1, CE2	TCB	40%
CG6, CG9, CC3, CC5, CC7	RA1-RA7	CE1-CE4	PL	20%
CG1, CG4, CG6, CG8, CG9, CC3, CC4, CC5, CC7	RA1-RA7	CE1-CE5	PF	40%

Los alumnos que opten y se les conceda la evaluación final deberán superar una prueba final con los siguientes contenidos:

- a) Una prueba de evaluación final (TCB) que abarcará todos los conocimientos teóricos cubiertos en la asignatura.
- b) Una prueba práctica de laboratorio (PL) que abarcará todas las prácticas realizadas para cada tema.
- c) Entrega de una práctica final, con las mismas características que el de la evaluación continua (PF).

Para considerar superada la evaluación final el alumno tendrá que obtener una calificación global ponderada igual o superior a 5 (sobre 10) entre los diferentes instrumentos de evaluación.

### Convocatoria extraordinaria:

- 1) **Evaluación continua:** Los alumnos que, habiendo participado en el proceso de evaluación continua no obtengan una nota final superior a 5 sobre 10 en la convocatoria ordinaria se podrán presentar a la convocatoria extraordinaria de junio. Esta convocatoria constará de dos partes (TCB, PL+PF), cada una de las cuales podrá ser convalidada si el alumno ya tiene superada la parte correspondiente en la convocatoria ordinaria.

Competencia	Resultado Aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de Evaluación	Peso en la calificación
CG8, CG9, CC4	RA1, RA2, RA4, RA6	CE1, CE2	TCB	40%
CG6, CG9, CC3, CC5, CC7	RA1-RA7	CE1-CE4	PL	20%
CG1, CG4, CG6, CG8, CG9, CC3, CC4, CC5, CC7	RA1-RA7	CE1-CE5	PF	40%

- 2) **Evaluación final:** El procedimiento y el criterio de calificación para este tipo de evaluación serán idénticos en ambas convocatorias.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía Básica

- A First Course in Fuzzy and Neural Control. Hung T. Nguyen, Nadipuram R. Prasad, Carol L. Walker, Elbert A. Walker. Chapman and Hall/CRC. 2002

## Bibliografía Complementaria (optativo)

- Neural Network Design. Martin T. Hagan, Howard. B. Demuth, Mark Beale. PWS Publishing Company, Thomson Learning. 2002
- Application of Neural Networks to Adaptive Control of Nonlinear Systems. G. W. Ng. Research Studies Press Ltd. England. 2003
- Neural Control Engineering: The Emerging Intersection between Control Theory and Neuroscience. Steven J. Schiff. The MIT Press. First edition 2012
- Redes Neuronales y Sistemas Borrosos. Bonifacio Martín del Brío y Alfredo Sanz Molina. Ed. RAMA. 2001
- Fuzzy Control. Kevin M. Passino, Stephen Yurkovich. Addison Wesley Publishing Company. First edition 1997
- An Introduction to Fuzzy Control. D. Driankov, H. Hellendoorn and M. Reinfrank. Springer-Verlag. 1996
- Adaptive Fuzzy Systems and Control Design and Stability Analysis. Li-Xin Wang. University of California at Berkeley. PTR Prentice Hall. 1994
- Controladores en lógica borrosa. Javier Holgado Corrales. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cadiz. 1995