



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería de  
Sistemas Informáticos

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**615001064 - Sistemas De Control**

### PLAN DE ESTUDIOS

61CI - Grado En Ingeniería De Computadores

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	12
9. Otra información.....	13

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	615001064 - Sistemas de Control
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Sexto semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	61CI - Grado en Ingeniería de Computadores
<b>Centro responsable de la titulación</b>	61 - Escuela Técnica Superior De Ingeniería De Sistemas Informáticos
<b>Curso académico</b>	2023-24

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Norberto Cañas De Paz (Coordinador/a)	4410	norberto.canas@upm.es	X - 11:00 - 15:00 X - 18:00 - 20:00 J - 11:00 - 13:00
Jose Eugenio Naranjo Hernandez	4120	joseeugenio.naranjo@upm.es	Sin horario. Será publicado al principio del curso.

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Algebra
- Programacion Concurrente Y Avanzada
- Analisis Matematico

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado en Ingeniería de Computadores no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE2 - Capacidad de desarrollar procesadores específicos y sistemas empotrados, así como desarrollar y optimizar el software de dichos sistemas.

### 4.2. Resultados del aprendizaje

RA499 - Analiza el comportamiento en régimen transitorio de sistemas de primer y segundo orden con coeficientes constantes.

RA501 - Diseña sistemas de control para sistemas estables SISO y LTI.

RA503 - Entiende, plantea y simplifica diagramas de bloques de sistemas SISO y LTI.

RA500 - Analiza el comportamiento en régimen permanente de sistemas SISO y LTI.

RA498 - Realiza el análisis de estabilidad de sistemas SISO y LTI.

RA497 - Obtiene la función de transferencia, en el plano de Laplace y Z, para componentes (SISO y LTI) descritos con ecuaciones diferenciales.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Una parte muy significativa de los **sistemas informáticos empotrados** son **sistemas de control**. En esencia un sistema empotrado de control es un sistema informático que controla a otro sistema. El ámbito de intervención, para los especialistas en la materia, es de un tamaño inmenso y abarca escenarios tan *sencillos* como controlar las diferentes actividades de una lavadora, a situaciones más *complejas* como aterrizar de forma automática un avión.

Los sistemas de control no admiten desarrollos planteados sin rigor formal, por verse abocados ineludiblemente al fracaso (salvo en situaciones triviales). Ello justifica la necesidad de formar específicamente a los ingenieros que tienen interés por esta línea de desarrollo profesional.

La asignatura introduce al estudiante en el análisis de sistemas y en el diseño de controladores discretos que deberán ejecutarse en dispositivos programables.

### 5.2. Temario de la asignatura

#### 1. Introducción

- 1.1. Definición de sistema de control
- 1.2. Sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado
- 1.3. Sistemas SISO y sistemas MIMO
- 1.4. Clasificación de estrategias de control

#### 2. Transformada de Laplace

- 2.1. Definición
- 2.2. Propiedades
- 2.3. Tabla de transformadas
- 2.4. Transformada inversa
- 2.5. Respuesta en frecuencia de sistemas estables

#### 3. Transformada Z

- 3.1. Definición

- 3.2. Propiedades
- 3.3. Tabla de transformadas
- 3.4. Obtención de la transformada Z por medio de la integral de convolución
- 3.5. Ecuación en diferencias asociada a una función de transferencia en Z
- 3.6. Principio de causalidad
- 3.7. Simulación de sistemas y programación de controladores
- 4. Diagramas de bloques y diagramas de flujo de señal
  - 4.1. Diagramas de bloques
    - 4.1.1. Introducción
    - 4.1.2. Teoremas de transformación
    - 4.1.3. Reglas de reducción
  - 4.2. Diagramas de flujo de señal
    - 4.2.1. Introducción
    - 4.2.2. Regla de Mason
- 5. Régimen transitorio de sistemas discretos
  - 5.1. Sistemas de primer orden
  - 5.2. Sistemas de segundo orden
- 6. Régimen permanente de sistemas discretos
  - 6.1. Estabilidad
  - 6.2. Error
  - 6.3. Sensibilidad
- 7. Herramientas y entornos de desarrollo para sistemas de control
  - 7.1. Herramientas de simulación
  - 7.2. Herramientas de cálculo simbólico
  - 7.3. Entornos de programación
- 8. Métodos de diseño de sistemas de control para sistemas SISO-LTI
  - 8.1. Diseño directo
  - 8.2. Introducción a métodos clásicos de control para sistemas SISO-LTI
- 9. Introducción a sistemas de control multivariable

- 9.1. Representación en espacio de estados
- 9.2. Obtención de ecuación de estado y salida de sistemas SISO-LTI a partir de su función de transferencia
- 9.3. Solución de la ecuación de estado de sistemas lineales continuos
- 9.4. Solución de la ecuación de estado de sistemas lineales discretos
- 9.5. Modelado discreto en espacio de estados de un sistema continuo
- 9.6. Estabilidad asintótica
- 9.7. Estabilidad en el sentido de Lyapunov
- 9.8. Diseño de controladores en espacio de estados para sistemas LTI por realimentación del estado y realimentación de la salida

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Tema 1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Presentación de una herramienta de cálculo simbólico (WxMaxima)</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
3	<p><b>Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p><b>Tema 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica de obtención de transformada de Laplace con una herramienta de cálculo simbólico.</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación práctica. Transformada de Laplace. RA497. PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE.</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:30</p>
5	<p><b>Tema 3</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Evaluación teoría. Diagramas de bloques y diagramas de flujo de señal. RA503.</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p>
6	<p><b>Tema 5.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica de obtención de transformada Z con una herramienta de cálculo simbólico.</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación práctica. Transformada Z. RA497. PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE.</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:30</p>
7	<p><b>Tema 5.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica de simulación de un sistema real.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación teoría. Transformada de Laplace. RA497.</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>



8	<p><b>Tema 6.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica de simulación de un sistema real.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación práctica. Simulación de un sistema real. RA497, RA503. PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE.</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:30</p> <p><b>Evaluación teoría. Transformada Z. RA497.</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
9	<p><b>Tema 6.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica de obtención y simulación de modelos de primer y segundo orden con condicionantes en régimen transitorio.</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación práctica. Régimen transitorio. RA498, RA499. PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE.</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:30</p>
10	<p><b>Tema 8.</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
11	<p><b>Tema 8.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica de desarrollo de "scripts" para la obtención de modelos con condicionantes en régimen transitorio y en régimen permanente.</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación prácticas. Régimen permanente. RA498, RA500. PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE.</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:30</p>
12	<p><b>Tema 9.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica de diseño directo sobre un sistema SISO-LTI</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación teoría. Régimen transitorio y régimen permanente. RA498, RA499, RA500.</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
13	<p><b>Tema 9.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica de diseño directo sobre un sistema SISO-LTI</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
14	<p><b>Tema 9.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Práctica de diseño directo sobre un sistema SISO-LTI</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación práctica. Diseño directo. RA501. PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE.</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:30</p>
15		<p><b>Control de sistemas con computador representados en espacio de estados.</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Evaluación teoría. Diseño directo. RA501.</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>

16			<p><b>Evaluación práctica. Controlador diseñado en espacio de estados. RA501. PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE.</b>            EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas            Evaluación continua            Presencial            Duración: 00:30</p>
17			<p><b>Recuperación evaluación teoría. Transformada de Laplace. RA497.</b>            ET: Técnica del tipo Prueba Telemática            Evaluación sólo prueba final            Presencial            Duración: 01:00</p> <p><b>Recuperación evaluación teoría. Diagramas de bloques y diagramas de flujo de señal. RA503.</b>            ET: Técnica del tipo Prueba Telemática            Evaluación sólo prueba final            Presencial            Duración: 02:00</p> <p><b>Recuperación evaluación teoría. Régimen transitorio y régimen permanente. RA498, RA499, RA500.</b>            ET: Técnica del tipo Prueba Telemática            Evaluación sólo prueba final            Presencial            Duración: 01:00</p> <p><b>Recuperación evaluación teoría. Diseño directo. RA501.</b>            ET: Técnica del tipo Prueba Telemática            Evaluación sólo prueba final            Presencial            Duración: 01:00</p> <p><b>Recuperación evaluación teoría. Transformada Z. RA497.</b>            ET: Técnica del tipo Prueba Telemática            Evaluación sólo prueba final            Presencial            Duración: 01:00</p>

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
4	Evaluación práctica. Transformada de Laplace. RA497.  PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	7%	0 / 10	CE2
5	Evaluación teoría. Diagramas de bloques y diagramas de flujo de señal. RA503.	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	02:00	10%	0 / 10	CE2
6	Evaluación práctica. Transformada Z. RA497.  PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	7%	0 / 10	CE2
7	Evaluación teoría. Transformada de Laplace. RA497.	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:00	10%	0 / 10	CE2
8	Evaluación práctica. Simulación de un sistema real. RA497, RA503.  PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	7%	0 / 10	CE2
8	Evaluación teoría. Transformada Z. RA497.	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:00	10%	0 / 10	CE2
9	Evaluación práctica. Régimen transitorio. RA498, RA499.  PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	7%	0 / 10	CE2
11	Evaluación prácticas. Régimen permanente. RA498, RA500.  PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	7%	0 / 10	CE2

12	Evaluación teoría. Régimen transitorio y régimen permanente. RA498, RA499, RA500.	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:00	10%	0 / 10	CE2
14	Evaluación práctica. Diseño directo. RA501. PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	7%	0 / 10	CE2
15	Evaluación teoría. Diseño directo. RA501.	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:00	10%	0 / 10	CE2
16	Evaluación práctica. Controlador diseñado en espacio de estados. RA501. PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE.	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:30	8%	0 / 10	CE2

### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Recuperación evaluación teoría. Transformada de Laplace. RA497.	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:00	10%	0 / 10	CE2
17	Recuperación evaluación teoría. Diagramas de bloques y diagramas de flujo de señal. RA503.	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	02:00	10%	0 / 10	CE2
17	Recuperación evaluación teoría. Régimen transitorio y régimen permanente. RA498, RA499, RA500.	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:00	10%	0 / 10	CE2
17	Recuperación evaluación teoría. Diseño directo. RA501.	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:00	10%	0 / 10	CE2
17	Recuperación evaluación teoría. Transformada Z. RA497.	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:00	10%	0 / 10	CE2

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final teoría (RA503, RA497, RA498, RA499, RA500, RA501).	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	50%	0 / 10	CE2

## 7.2. Criterios de evaluación

### Evaluación **continua**.

1. La puntuación obtenida en cada uno de los ejercicios que contribuyen a la evaluación será proporcional al conjunto de preguntas correctamente contestadas, en el caso de la teoría, o al conjunto de apartados correctamente realizados, en el caso de las prácticas.
2. La nota final de la asignatura se obtiene sumando la nota de cada una de las pruebas realizadas, teniendo en consideración el peso declarado para las mismas en el apartado "Actividades de evaluación".
3. Los alumnos que deseen recuperar o subir nota en alguna de las pruebas de evaluación de teoría, tendrán opción para ello al final del cuatrimestre, en las pruebas de **evaluación global**.
4. Para aprobar la asignatura es necesario obtener una nota global igual o mayor que 5.

### Convocatoria **extraordinaria**.

1. Los alumnos que opten por examinarse en la convocatoria extraordinaria serán evaluados de la siguiente manera:
  1. **Prueba de teoría.** Consistirá en un examen de conocimientos teóricos equivalente en esfuerzo, extensión y puntuación a todas las pruebas de teoría de evaluación continua.
  2. **Prueba práctica.** Por la naturaleza de las pruebas prácticas de la asignatura, estas deben realizarse durante el periodo lectivo. La nota obtenida en las mismas se utilizará para completar la nota final de la prueba extraordinaria.
2. Para aprobar la asignatura es necesario obtener una nota global igual o mayor que 5.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Ogata, K. (1990): Ingeniería de Control Moderna. Prentice Hall.	Bibliografía	
Ogata, K. (1995): Sistemas de Control en Tiempo Discreto. Prentice Hall.	Bibliografía	
Franklin, G.; Powell, J.; Workman, M. (1990): Digital Control of Dynamic Systems. Addison-Wesley.	Bibliografía	
Brogan, W. (1991): Moder Control Theory. Prentice Hall.	Bibliografía	
Astrom, K.; Wittenmark, B. (1988): Sistemas Controlados por Computador. Paraninfo.	Bibliografía	
Bolzern, P.; Scattolini, R.; Schiavoni, N. (2008): Fundamentos de control automático. McGraw-Hill.	Bibliografía	
Computadores de prácticas.	Equipamiento	Conjunto de computadores con la configuración adecuada para poder realizar prácticas de análisis, diseño y simulación de sistemas de control.
Moodle	Recursos web	Moodle de la asignatura alojado en el servidor Moodle de la UPM.

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Los sistemas de control informáticos son en ocasiones la única alternativa razonable de control para muchos sistemas. Tener una buena preparación en la materia abre un extenso abanico de ámbitos en los que se puede intervenir y por ello es una alternativa interesante de desarrollo profesional.