



GUÍA DOCENTE DE

FUNDAMENTOS DE AUTOMÁTICA

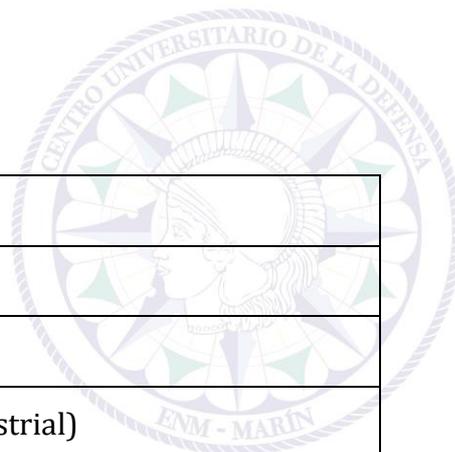
Grado en Ingeniería Mecánica

Curso 2024-2025

CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA
EN LA ESCUELA NAVAL MILITAR

1. DATOS GENERALES DE LA ASIGNATURA

Denominación	Fundamentos de Automática
Titulación	Grado en Ingeniería Mecánica
Curso y cuatrimestre	Cuarto curso (primer cuatrimestre)
Carácter	Obligatoria (Común a la Rama Industrial)
Duración ECTS (créditos)	6 créditos ECTS



2. DATOS GENERALES DEL PROFESORADO

Profesor responsable de la asignatura	Ana Ogando Martínez
Despacho físico	101A
Correo electrónico	ana.ogando@cud.uvigo.es
Teléfono	986 804928
Despacho virtual	https://campusremotouvigo.gal/access/public/meeting/965928885

Profesor	José Antonio González Prieto
Despacho físico	206
Correo electrónico	jose.gonzalez@cud.uvigo.es
Teléfono	986 804926
Despacho virtual	https://campusremotouvigo.gal/access/public/meeting/289496886

Profesor	Milagros Fernández Gavilanes
Despacho físico	210
Correo electrónico	mfgavilanes@cud.uvigo.es
Teléfono	986 804921
Despacho virtual	https://campusremotouvigo.gal/access/public/meeting/267428983

Dirección mensajería	Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar Plaza de España, s/n 36920 Marín
----------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------

3. INTRODUCCIÓN

Esta materia se enmarca dentro del módulo Común a la Rama Industrial, y en ella se persigue dotar al alumnado de una formación básica, tanto teórica como práctica, sobre los conceptos fundamentales relativos a la automatización de procesos industriales, así como al análisis y diseño de sistemas de control.

De esta forma en esta asignatura se desarrollan, en un primer bloque de contenidos, los conceptos fundamentales asociados al modelado de sistemas lógicos de eventos discretos mediante Redes de Petri así como su implantación en autómatas programables (PLC). En el segundo bloque de contenidos se introducen los conceptos fundamentales asociados a la teoría de sistemas dinámicos, abordando su modelado, representación y estudio analítico, así como temas relativos al análisis y diseño de controladores integrados en el lazo realimentado de control.

Se hará especial hincapié en el carácter multidisciplinar de la asignatura, tanto en las sesiones teóricas como en las sesiones prácticas de laboratorio. De esta forma, en ambos bloques de contenidos se plantean problemas de aplicación en ámbitos muy diversos (electricidad, mecánica, termodinámica, química, neumática, logística, biología, robótica y comunicaciones), aunque con especial atención a las aplicaciones relativas a la ingeniería electro-mecánica.

4. RESULTADOS DE FORMACIÓN Y APRENDIZAJE

4.1 COMPETENCIAS BÁSICAS (RESULTADOS DE FORMACIÓN Y APRENDIZAJE)

Las competencias básicas no serán tratadas de forma específica por ningún módulo, materia o asignatura, sino que serán el resultado del conjunto del grado. En cualquier caso, tal y como se indica en la memoria de verificación de la titulación, la adquisición de las competencias generales, descritas por la Orden Ministerial CIN/351/2009, garantiza la adquisición de las competencias básicas (enumeradas a continuación), así como la consecución de los resultados de aprendizaje de acuerdo a lo establecido en el RD 822/2021.

CB1 (A1) Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.

CB2 (A2) 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.

CB3 (A3) Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

CB4 (A4) Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.

CB5 (A5) Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

4.2 COMPETENCIAS GENERALES (CONOCIMIENTOS)

Son competencias generales de esta asignatura:

CG3 (B3) 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.

4.3 COMPETENCIAS ESPECÍFICAS (HABILIDADES)

La competencia específica de la titulación a la que contribuye esta asignatura es:

CE12 (C12) Conocimientos sobre los fundamentos de automatismos y métodos de control.



4.4 COMPETENCIAS TRANSVERSALES (COMPETENCIAS)

Son competencias transversales de esta asignatura:

CT2 (D2) Resolución de problemas.

CT3 (D3) Comunicación oral y escrita de conocimientos.

CT6 (D6) Aplicación de la informática en el ámbito de estudio.

CT9 (D9) Aplicar conocimientos.

CT16 (D16) Razonamiento crítico.

CT17 (D17) Trabajo en equipo.

CT20 (D20) Capacidad para comunicarse con personas no expertas en la materia.

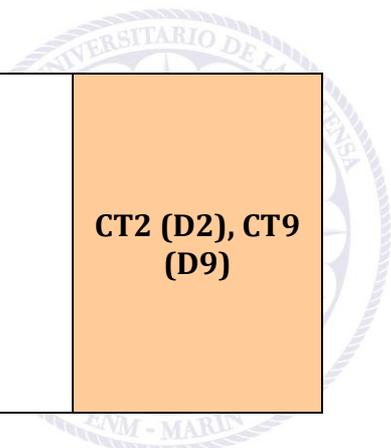
5. RESULTADOS PREVISTOS DE LA MATERIA

Se muestran a continuación los resultados previstos de esta asignatura vinculados a las respectivas competencias.

RESULTADOS PREVISTOS DE LA MATERIA	COMPETENCIAS VINCULADAS
Adquirir una visión global y realista del alcance actual de los sistemas de automatización industrial.	CG3 (B3), CE12 (C12), CT3 (D3), CT16 (D16)
Conocer cuáles son los elementos constitutivos de un sistema de automatización industrial, cómo funcionan, y cómo se dimensionan.	CG3 (B3), CE12 (C12), CT2 (D2), CT3 (D3), CT9 (D9), CT16 (D16)
Conocimiento aplicado sobre los autómatas programables, su programación y su aplicación a la automatización de sistemas industriales.	CG3 (B3), CE12 (C12), CT2 (D2), CT3 (D3), CT6 (D6), CT9 (D9), CT16 (D16), CT17 (D17), CT20 (D20)
Conocimientos generales sobre el control continuo de sistemas dinámicos, de las principales herramientas de simulación de sistemas continuos y de los principales dispositivos de control de procesos con mayor interés a nivel industrial.	CG3 (B3), CE12 (C12), CT2 (D2), CT3 (D3), CT6 (D6), CT9 (D9), CT16 (D16), CT17 (D17), CT20 (D20)
Conceptos generales de las técnicas de ajuste de reguladores industriales.	CG3 (B3), CE12 (C12), CT2 (D2), CT3 (D3), CT9 (D9), CT16 (D16)

En la siguiente tabla podemos ver el nivel de desarrollo con el que se contribuye a lograr cada uno de aquellos sub-resultados de aprendizaje establecidos por ENAEE (*European Network for Accreditation of Engineering Education*) trabajados en la materia, así como las competencias asociadas a dicho sub-resultado y tratadas en la asignatura.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE	SUB-RESULTADOS DE APRENDIZAJE	Nivel de desarrollo de cada sub-resultado (Básico (1), Adecuado (2) y Avanzado (3))	COMPETENCIAS ASOCIADAS
1. Conocimiento y comprensión	1.2 Conocimiento y comprensión de las disciplinas de ingeniería propias de su especialidad, en el nivel necesario para adquirir el resto de competencias del título, incluyendo nociones de los últimos adelantos.	Adecuado (2)	CG3 (B3)
	1.3 Ser conscientes del contexto multidisciplinar de la ingeniería.	Adecuado (2)	CE12 (C12)



2. Análisis en ingeniería	2.1 La capacidad de analizar productos, procesos y sistemas complejos en su campo de estudio; elegir y aplicar de forma pertinente métodos analíticos, de cálculo y experimentales ya establecidos e interpretar correctamente resultados de dichos análisis.	Adecuado (2)	CT2 (D2), CT9 (D9)
----------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------	---------------------------

6. CONTENIDOS

6.1 Programación: créditos teóricos

Teniendo en cuenta las circunstancias y necesidades específicas del CUD-ENM, la carga de la asignatura se distribuye a lo largo de **13** semanas lectivas. En los siguientes apartados se presenta la descripción de cada uno de los temas en el programa propuesto. En cada tema se incluye, además de su duración mínima y su ubicación aproximada, sus objetivos, una breve descripción de su desarrollo y un índice detallado de contenidos.

BLOQUE I: Automatización industrial y modelado de sistemas secuenciales (14 horas)

En los contenidos del primer bloque se estudiarán problemas relacionados con aplicaciones en diferentes aspectos de la automatización industrial (transporte y logística, métodos productivos, sistemas de seguridad, ...), presentando al alumno problemas en los que, a partir de una especificación del sistema de toma de decisiones a desarrollar, sea capaz de generar la estructura lógica (redes de Petri) que de soporte al problema planteado así como realizar su implantación práctica en un lenguaje de programación (LADDER) que le permita comprobar en la práctica el resultado obtenido.

Ejemplos del carácter multidisciplinar en el primer bloque de contenidos los encontramos en la aplicación de las técnicas de modelado de sistemas de eventos discretos a la gestión de sistemas electro-mecánicos automáticos (maquinaria industrial), sistemas de comunicaciones, gestión de sistemas logísticos o al diseño de sistemas robotizados que desarrollan tareas colaborativas.

Tema 1. Introducción a la automatización industrial y elementos de automatización.

Ubicación y duración: Semanas 1-4 [6 horas]

Objetivos y desarrollo:

El objetivo de este tema es la introducción de los elementos teóricos y prácticos que intervienen en el diseño de sistemas de automatización industrial.

Índice del tema

- 1.1 **Introducción a la automatización de tareas y procesos industriales.** [1h]
 - 1.1.1. La automatización de procesos industriales.
 - 1.1.2 El autómata programable industrial o PLC.
 - 1.1.3 Elementos del autómata programable. Entradas, salidas, y memoria.
 - 1.1.4 Ciclo de funcionamiento del autómata. Tiempo de ciclo.
- 1.2 **Características generales de los autómatas programables.** [2h]
 - 1.2.1. Operadores lógicos y aritméticos.
 - 1.2.2 Operadores de asignación (con memoria y sin memoria).
 - 1.2.3 Combinaciones de variables binarias.
 - 1.2.3 Temporizadores y contadores.
- 1.3 **Lenguajes y técnicas de programación de autómatas programables.** [3h]
 - 1.3.1. Formas de representación de un programa (FBD, AWL, ST, Grafcet, LADDER).
 - 1.3.2 Programación lineal y estructurada.
 - 1.3.3 Introducción a la lógica de contactos (LADDER).
 - 1.3.4 Introducción a la programación modular estructurada en LADDER.



Tema 2. Herramientas de modelado de sistemas secuenciales.

Ubicación y duración: Semanas 4–7 [8 horas]

Objetivos y desarrollo:

El objetivo de este tema es estudiar las técnicas teóricas relativas al modelado de sistemas dinámicos de eventos discretos y el aprendizaje de las técnicas de programación del modelo teórico planteado en autómatas programables.

Índice del tema

- 2.1 **Introducción al modelado de sistemas dinámicos de eventos discretos.** [2h]
 - 2.1.1. Modelado mediante grafos de estados y tablas. El problema dimensional.
 - 2.1.2. Modelado mediante Redes de Petri. Descripción con procesos distribuidos.
 - 2.1.3. Principales elementos y propiedades de las Redes de Petri. Reglas de evolución.
 - 2.1.4. Representación y lógica asociada a las Redes de Petri. Distribución y selección.
- 2.2 **Modelado de procesos distribuidos mediante Redes de Petri.** [3h]
 - 2.2.1. Representación de procesos y ciclos. Repeticiones de un proceso simple.
 - 2.2.2. Aplicación de temporizadores. Activaciones controladas por tiempo.
 - 2.2.3. Aplicación de contadores. Contaje de eventos y ciclos de procesos.
 - 2.2.3. Arcos inhibidores y sus aplicaciones.
 - 2.2.5. Secuencias simultáneas. Sincronización de procesos concurrentes.
 - 2.2.6. Exclusión mutua entre procesos. Gestión de recursos compartidos.
 - 2.2.7. Sistemas colaborativos. Coordinación de múltiples tareas independientes.
- 2.3 **Programación modular estructurada de Redes de Petri en LADDER.** [3h]
 - 2.3.1. Estructura modular de programación.
 - 2.3.2. Desarrollo del módulo de definición e inicialización de variables.
 - 2.3.3. Desarrollo del módulo de evaluación de transiciones.
 - 2.3.4. Integración de temporizadores y contadores en el módulo de transiciones.
 - 2.3.5. Desarrollo del módulo de activación de lugares.
 - 2.3.6. Desarrollo del módulo de activación de salidas.
 - 2.3.7. Desarrollo del módulo principal.

BLOQUE II: Análisis y diseño de sistemas de control (14 horas)

En los contenidos del segundo bloque se estudiarán las propiedades de diversos sistemas dinámicos (sistemas eléctricos, mecánicos, térmicos, y sistemas en otros tipos de ámbitos como pueden ser los modelos asociados a dinámicas sociales o a sistemas biológicos). Se hará hincapié en este carácter multidisciplinar de la teoría de sistemas tanto en las sesiones teóricas (donde se verá su posible aplicación a distintos ámbitos) como en las sesiones de laboratorio, en donde se realizarán prácticas relacionadas con el modelado, análisis y diseño de controladores en sistemas de diferentes disciplinas.

En el segundo bloque de contenidos, el carácter multidisciplinar de la asignatura se ve reflejado en la introducción de técnicas de modelado dinámico de diferentes tipos de sistemas físicos, así como el estudio del análisis temporal y frecuencial de las respuestas de estos sistemas.

Empleando estos conocimientos se introducen las técnicas básicas para el diseño de algoritmos de control (PI) aplicados en sistemas mecánicos, eléctricos, químicos, neumáticos, termodinámicos, neumáticos, biológicos, sociológicos, así como algunas aplicaciones

específicas del ámbito marino, como el modelado y control de las dinámicas del balanceo de un barco.

Tema 3. Representación, modelado y simulación de sistemas dinámicos continuos.

Ubicación y duración: Semanas 8–9 [4 horas]

Objetivos y desarrollo:

El objetivo de este tema es proporcionar conceptos básicos sobre modelado y análisis de sistemas dinámicos continuos y su aplicación para el estudio de las propiedades de sistemas físicos.

Índice del tema

- 3.1 **Introducción a los modelos de sistemas dinámicos.** [1h]
 - 3.1.1. Modelos lineales y modelos no lineales.
 - 3.1.2 Modelos continuos y modelos discretos.
 - 3.1.3 Modelado en variables de estado.
 - 3.1.4 El concepto de estabilidad.
- 3.2 **Sistemas dinámicos lineales.** [2h]
 - 3.2.1. Caracterización y propiedades fundamentales.
 - 3.2.2 Variables de estado.
 - 3.2.3 Funciones de transferencia. La transformada de Laplace y sus propiedades.
 - 3.2.4 Diagramas de bloques de funciones de transferencia. Operaciones básicas.
 - 3.2.5 La función de transferencia con realimentación.
- 3.3 **Modelado de sistemas físicos.** [1h]
 - 3.3.1. Sistemas mecánicos.
 - 3.3.2. Sistemas eléctricos.
 - 3.3.3. Sistemas químicos, hidráulicos y neumáticos.
 - 3.3.4. Sistemas biológicos y sociológicos.

Tema 4. Análisis de sistemas dinámicos continuos.

Ubicación y duración: Semanas 9–12 [6 horas]

Objetivos y desarrollo:

El objetivo de este tema es proporcionar conceptos sobre el análisis de los sistemas dinámicos continuos y lineales empleando las propiedades de sus funciones de transferencia.

Índice del tema

- 4.1 **Introducción al análisis de sistemas dinámicos continuos.** [1h]
 - 4.1.1. Régimen transitorio y estacionario.
 - 4.1.2. Tipos de señales (impulso, escalón, rampa) y sus transformadas de Laplace.
 - 4.1.3. Polos y ceros de la función de transferencia. Propiedades del plano de Laplace.
 - 4.1.4. Propiedades frecuenciales de sistemas dinámicos lineales continuos.
- 4.2 **Caracterización de la respuesta en el dominio temporal.** [3h]
 - 4.2.1. Especificaciones en el dominio temporal.
 - 4.2.2. Sistemas de primer orden. Función de transferencia, respuesta temporal y estabilidad.
 - 4.2.3. Sistemas de segundo orden. Función de transferencia, respuesta temporal y estabilidad.
 - 4.2.4. Descripción y análisis del error en régimen permanente.

- 4.3 **Caracterización de la respuesta en el dominio frecuencial.** [2h]
4.3.1. Especificaciones en el dominio de la frecuencia. Diagramas de Bode.
4.3.2. Propiedades frecuenciales de los sistemas de primer orden.
4.3.3. Propiedades frecuenciales de los sistemas de segundo orden.

Tema 5. Introducción a los sistemas de control. Diseño de controladores PID.

Ubicación y duración: Semanas 12–13 [4 horas]

Objetivos y desarrollo:

El objetivo de este tema es introducir al alumno en el diseño de sistemas lineales de control de tipo PID aplicados sobre sistemas dinámicos continuos de primer y segundo orden.

Índice del tema

- 5.1 **Introducción a los sistemas de control.** [1h]
5.1.1. El lazo de control
5.1.2. Actuadores y sensores.
5.1.3. Controladores digitales.
5.1.4. Acciones básicas de control: Proporcional (P), integral (I) y derivativo (D).
- 5.2 **Regulador PID para sistemas de primer orden.** [1.5 h]
5.2.1. Especificaciones temporales y frecuenciales.
5.2.2. Análisis de los efectos de la presencia de un cero.
5.2.2. Diseño mediante asignación de polos.
5.2.4. Análisis de estabilidad.
- 5.3 **Regulador PID para sistemas de segundo orden.** [1.5 h]
5.3.1. Diseño mediante asignación de polos.
5.3.2. Análisis de estabilidad.

6.2. Programación: créditos prácticos

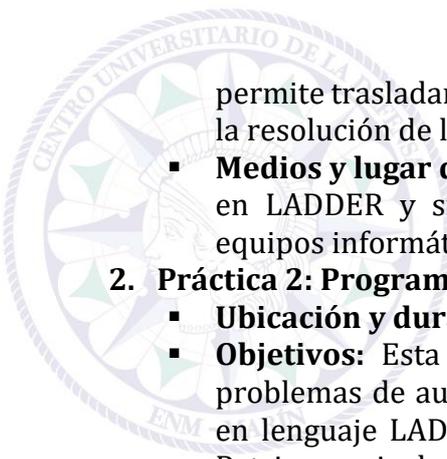
La asignatura constará de 7 sesiones de laboratorio divididas en 2 bloques principales (con una carga proporcional a la carga teórica de cada uno de los bloques). Se describen, a continuación, en detalle cada una de las prácticas propuestas. Se exponen los objetivos de cada práctica, indicando su duración y concretando los conceptos teóricos necesarios para el desarrollo de cada una de ellas.

• **Bloque 1: Actividades relacionadas con el modelado de sistemas secuenciales y programación de autómatas. (6 horas)**

Este bloque de prácticas se basa en la resolución de problemas mediante el modelado con redes de Petri y su programación en autómatas programables. Para ello, se utilizarán programas que permitan simular virtualmente un autómata para probar la correcta ejecución del código programado en un entorno de edición visual con simulaciones gráficas asociadas.

1. Práctica 1: Introducción a la programación de autómatas en LADDER.

- **Ubicación y duración:** Semana 2 [2 horas].
- **Objetivos:** Esta práctica tiene como objetivo la familiarización del alumno con la programación de autómatas industriales en el lenguaje visual LADDER, de forma que se inicia al alumno en el desarrollo básico de soluciones lógicas y empleo de características básicas (inicialización de variables, uso de contadores y temporizadores, etc.). Finalmente se enseña al alumno una metodología que



permite trasladar la lógica programada a una estructura modular, necesaria para la resolución de las siguientes prácticas.

- **Medios y lugar de realización:** Software con soporte para programación visual en LADDER y simulación de PLC integrada, así como los correspondientes equipos informáticos en donde se encuentre instalado el software seleccionado.

2. Práctica 2: Programación LADDER de Redes de Petri I.

- **Ubicación y duración:** Semana 3 [2 horas].
- **Objetivos:** Esta práctica tiene como objetivo el desarrollo de soluciones a problemas de automatización mediante la implantación de forma estructurada en lenguaje LADDER de sistemas secuenciales modelados mediante Redes de Petri que incluyen sus propiedades básicas (contadores, temporizadores, sincronización de procesos). De esta forma el alumno tendrá que programar y simular en un PLC virtual la solución a un problema estudiado durante la clase de seminario previa, de forma que durante el desarrollo de la práctica la formación se centre en el aprendizaje de la metodología que permite trasladar la solución teórica a un autómata programable.
- **Medios y lugar de realización:** Software con soporte para programación visual en LADDER y simulación de PLC integrada, así como los correspondientes equipos informáticos en donde se encuentre instalado el software seleccionado.

3. Práctica 3: Programación LADDER de Redes de Petri II.

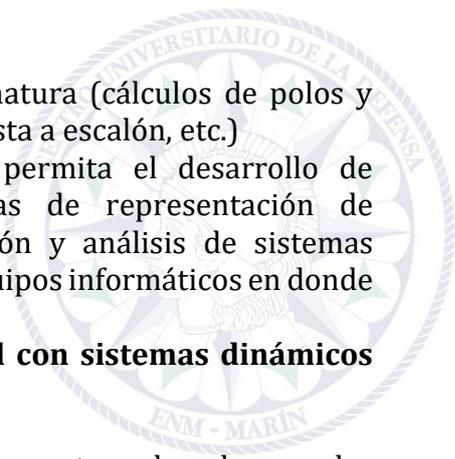
- **Ubicación y duración:** Semana 4 [2 horas].
- **Objetivos:** En esta práctica se continua la enseñanza sobre la implantación de forma estructurada en lenguaje LADDER de sistemas secuenciales modelados mediante Redes de Petri, pero en este caso resolviendo situaciones más complejas que incluyan propiedades avanzadas de las Redes de Petri estudiadas (recursos compartidos, arcos inhibidores, sistemas colaborativos). De igual forma a la práctica anterior, durante una clase de seminario previa se estudiará la solución teórica con Redes de Petri a un problema que incluya todas las características avanzadas deseadas, de forma que durante el desarrollo de la práctica la formación se centre en el aprendizaje de la metodología que permite trasladar la solución teórica a un autómata programable.
- **Medios y lugar de realización:** Software con soporte para programación visual en LADDER y simulación de PLC integrada, así como los correspondientes equipos informáticos en donde se encuentre instalado el software seleccionado.

• Bloque 2: Actividades relacionadas con los sistemas de control. (8 horas)

En este bloque de prácticas se abordará la problemática del análisis y diseño de sistemas de control. Para ello, se trabajará utilizando inicialmente herramientas de simulación para el análisis de las propiedades de sistemas de primer y segundo orden. Los resultados de aprendizaje complementarán los conocimientos adquiridos durante las clases teóricas y permitirán introducir el desarrollo de algoritmos de control básicos.

1. Práctica 4: Introducción al software de análisis y simulación de sistemas dinámicos.

- **Ubicación y duración:** Semana 6 [2 horas].
- **Objetivos:** El objetivo de esta práctica será el de presentar a los alumnos la herramienta software que permite desarrollar el modelar, simular y analizar el comportamiento en tiempo y/o frecuencia de los sistemas dinámicos lineales. De esta forma los alumnos tendrán que trabajar para aprender las funciones y el manejo básico de la aplicación realizando cálculos sencillos relacionados con los

- 
- ejercicios analizados en la parte teórica de la asignatura (cálculos de polos y ceros, descomposición en fracciones simples, respuesta a escalón, etc.)
- **Medios y lugar de realización:** Software que permita el desarrollo de simulaciones numéricas con capacidades gráficas de representación de resultados y herramientas de modelado, simulación y análisis de sistemas dinámicos lineales, así como los correspondientes equipos informáticos en donde se encuentre instalado el software seleccionado.
2. **Práctica 5: Análisis y simulación de lazos de control con sistemas dinámicos lineales de primer y segundo orden.**
- **Ubicación y duración:** Semana 8 [2 horas].
 - **Objetivos:** El objetivo de esta práctica será el de presentar a los alumnos las funciones que permiten, en la herramienta software, desarrollar simulaciones de lazos de control que incluyen sistemas dinámicos lineales. De esta forma los alumnos tendrán que trabajar para crear, simular y visualizar el resultado de la respuesta de un lazo de control con sistemas de primer y segundo orden.
 - **Implementar y simular la respuesta temporal Medios y lugar de realización:** Software que permita el desarrollo de simulaciones numéricas con capacidades gráficas de representación de resultados y herramientas de modelado, simulación y análisis de sistemas dinámicos lineales, así como los correspondientes equipos informáticos en donde se encuentre instalado el software seleccionado.
3. **Práctica 6: Diseño y simulación de sistemas de control PI aplicados a sistemas dinámicos lineales de primer y segundo orden.**
- **Ubicación y duración:** Semana 10 [2 horas].
 - **Objetivos:** El objetivo de esta práctica es que los alumnos, empleando los fundamentos presentados en las clases teóricas y/o seminarios, sean capaces de implementar, configurar y analizar los resultados que se obtienen cuando se aplican los algoritmos de control estudiados sobre sistemas dinámicos lineales de primer y segundo orden. Para ello emplearán los lazos de control que han sido desarrollados en la práctica anterior.
 - **Medios y lugar de realización:** Software que permita el desarrollo de simulaciones numéricas con capacidades gráficas de representación de resultados y herramientas de modelado, simulación y análisis de sistemas dinámicos lineales, así como los correspondientes equipos informáticos en donde se encuentre instalado el software seleccionado.
4. **Práctica 7: Diseño e implementación práctica de un sistema de control PI aplicado a un sistema real.**
- **Ubicación y duración:** Semanas 13 [2 horas].
 - **Objetivos:** El objetivo de esta práctica es que los alumnos empleen los conocimientos adquiridos en las prácticas anteriores para ser implementados en un sistema de control real. De esta forma, durante la práctica, los alumnos tendrán que diseñar y probar un sistema de control y comparar los resultados con las simulaciones obtenidas en la práctica anterior.
 - **Medios y lugar de realización:** Software y hardware que permita el desarrollo de ensayos de control con capacidades gráficas de representación de resultados, así como los correspondientes equipos eléctricos, electrónicos e informáticos en donde se encuentre instalado el software seleccionado.

7. PLANIFICACIÓN DOCENTE

La tabla 7.1 presenta la organización del esfuerzo del alumno para cubrir los seis créditos ECTS asociados a la asignatura. Las tablas 7.2 y 7.3 muestran la planificación de las horas de trabajo del alumno (en presenciales y no presenciales) para la parte teórica y práctica, respectivamente.

	Técnica	Actividad	Horas presenciales	Factor	Trabajo autónomo	Horas totales	ECTS
Teoría	Clases magistrales expositivas en grupos grandes	Asimila contenidos. Preparación de problemas.	28	1,5	42	70	2,80
Prácticas	Trabajo práctico en laboratorio	Trabajo en grupo	14	1	14	28	1,12
Tutorías	Tutorías personalizadas y en grupo pequeño	Recibe orientación personalizada	7	-	-	7	0,28
Otras actividades	Tareas de evaluación y horas de refuerzo	Realización de exámenes, preparación examen extraordinario	28	-	17	45	1,80
TOTAL			77		73	150	6,00

TABLA 7.1. Planificación del tiempo y del esfuerzo del alumno

La tabla 7.2 y 7.3 muestran la planificación de las horas de trabajo del alumno (en presenciales y no presenciales) para la parte teórica y práctica:

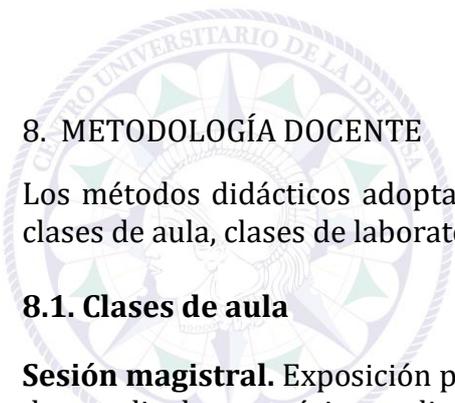
Parte teórica	Horas presenciales	Horas NO presenciales
T1: Introducción a la automatización industrial y elementos de automatización.	6	9
T2: Herramientas de modelado de sistemas secuenciales.	8	12
T3: Representación, modelado y simulación de sistemas dinámicos continuos.	4	6
T4: Análisis de sistemas dinámicos continuos.	6	9
T5: Introducción a los sistemas de control. Diseño de controladores PID.	4	6
Total	28	42

TABLA 7.2. Distribución temporal de los temas de teoría con trabajo presencial en el aula



Parte práctica	Horas presenciales	Horas NO presenciales
P1: Introducción a la programación de autómatas en LADDER.	2	2
P2: Programación LADDER de Redes de Petri I.	2	2
P3: Programación LADDER de Redes de Petri II.	2	2
P4: Introducción al software de análisis y simulación de sistemas dinámicos.	2	2
P5: Análisis y simulación de lazos de control con sistemas dinámicos lineales de primer y segundo orden.	2	2
P6: Diseño y simulación de sistemas de control PI aplicados a sistemas dinámicos lineales de primer y segundo orden.	2	2
P7: Diseño e implementación práctica de un sistema de control PI aplicado a un motor eléctrico.	2	2
Total	14	14

TABLA 7.3. Distribución temporal de las prácticas propuestas cuyo trabajo presencial se realiza en el laboratorio



8. METODOLOGÍA DOCENTE

Los métodos didácticos adoptados se pueden agrupar teniendo en cuenta el tipo de sesión: clases de aula, clases de laboratorio y seminarios.

8.1. Clases de aula

Sesión magistral. Exposición por parte del profesor de los contenidos sobre la materia objeto de estudio, bases teóricas y directrices de un trabajo, ejercicio o proyecto a desarrollar por el estudiante. Para ello se utilizarán medios como pizarras virtuales y software de programación visual con soporte para realizar animaciones de los resultados prácticos expuestos en clase.

Resolución de problemas y/o ejercicios. Actividad en la que se formulan problemas relacionados con la asignatura. El alumno debe desarrollar las soluciones adecuadas o correctas mediante la ejercitación de rutinas, la aplicación de fórmulas o algoritmos, la aplicación de procedimientos de transformación de la información disponible y la interpretación de los resultados. Se empleará, en la medida de lo posible, software de programación y simulación que permita el desarrollo visual integrando simulaciones interactivas que sirvan de ejercicios a resolver por parte de los alumnos.

8.2. Clases prácticas

Sesión magistral. Exposición por parte del profesor de los contenidos sobre la materia objeto de estudio, bases teóricas y directrices de un trabajo, ejercicio o proyecto a desarrollar por el estudiante.

Prácticas de laboratorio. Actividades de aplicación de los conocimientos a situaciones concretas y de adquisición de habilidades básicas y procedimentales relacionadas con la materia objeto del estudio. Se desarrollan en espacios con equipamiento especializado (laboratorios, aulas informáticas, etc.), se componen de un total de 7 prácticas y se empleará un software para realizar simulaciones de sistemas lógicos asociados al Bloque I de contenidos y otro para el desarrollo de simulaciones de sistemas dinámicos y diseño de algoritmos de control relativos al Bloque II de contenidos. En el caso del Bloque II, se emplearán los medios adecuados para realizar una práctica de control de velocidad de un motor eléctrico.

8.3. Seminarios

Resolución de problemas y/o ejercicios. Actividad en la que se formulan problemas relacionados con la asignatura. El alumno debe desarrollar las soluciones adecuadas o correctas mediante la ejercitación de rutinas, la aplicación de fórmulas o algoritmos, la aplicación de procedimientos de transformación de la información disponible y la interpretación de los resultados. Durante los seminarios los alumnos realizarán la preparación de las soluciones que posteriormente serán simuladas en las clases prácticas de laboratorio.

Se muestran, a continuación, en la Tabla 8.1, las metodologías de aprendizaje vinculadas a los resultados previstos de la materia y competencias que se trabajan con cada una de ellas.



RESULTADOS PREVISTOS DE LA MATERIA	COMPETENCIAS VINCULADAS	METODOLOGÍAS DE APRENDIZAJE
Adquirir una visión global y realista del alcance actual de los sistemas de automatización industrial	CG3 (B3), CE12 (C12), CT3 (D3), CT16 (D16)	Sesión magistral
Conocer cuáles son los elementos constitutivos de un sistema de automatización industrial, cómo funcionan, y cómo se dimensionan	CG3 (B3), CE12 (C12), CT2 (D2), CT3 (D3), CT9 (D9), CT16 (D16)	Sesión magistral Resolución de problemas
Conocimiento aplicado sobre los autómatas programables, su programación y su aplicación a la automatización de sistemas industriales	CG3 (B3), CE12 (C12), CT2 (D2), CT3 (D3), CT6 (D6), CT9 (D9), CT16 (D16), CT17 (D17), CT20 (D20)	Sesión magistral Resolución de problemas Prácticas de laboratorio
Conocimientos generales sobre el control continuo de sistemas dinámicos, de las principales herramientas de simulación de sistemas continuos y de los principales dispositivos de control de procesos con mayor interés a nivel industrial	CG3 (B3), CE12 (C12), CT2 (D2), CT3 (D3), CT6 (D6), CT9 (D9), CT16 (D16), CT17 (D17), CT20 (D20)	Sesión magistral Resolución de problemas Prácticas de laboratorio
Conceptos generales de las técnicas de ajuste de reguladores industriales	CG3 (B3), CE12 (C12), CT2 (D2), CT3 (D3), CT9 (D9), CT16 (D16)	Sesión magistral Resolución de problemas

TABLA 8.1. Metodologías de aprendizaje vinculadas a las competencias

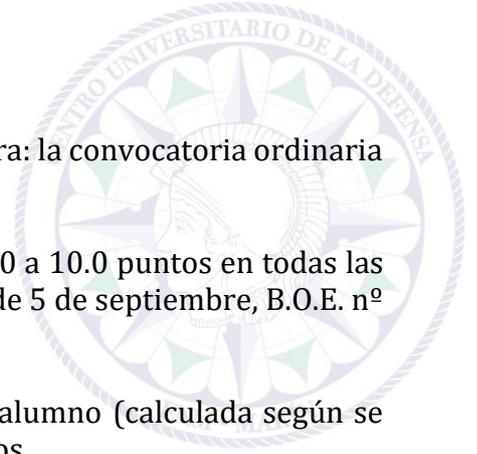
9. ATENCIÓN PERSONALIZADA

En el ámbito de la acción tutorial, se distinguen acciones de tutoría académica, así como de tutoría personalizada. En el primero de los casos, el alumnado tendrá a su disposición horas de tutorías en las que puede consultar cualquier duda relacionada con los contenidos, organización y planificación de la materia, etc. Las tutorías pueden ser individualizadas, pero se fomentarán tutorías grupales para la resolución de problemas relacionados con las actividades a realizar en grupo.

En las tutorías personalizadas, cada alumno, de manera individual, podrá comentar con el profesor cualquier problema que le esté impidiendo realizar un seguimiento adecuado de la materia, con el fin de encontrar entre ambos algún tipo de solución.

Conjugando ambos tipos de acción tutorial, se pretenden compensar los diferentes ritmos de aprendizaje mediante la atención a la diversidad.

Los profesores de la asignatura atenderán personalmente las dudas y consultas de los alumnos, tanto de forma presencial, según el horario que se publicará en la página web del centro, como a través de medios telemáticos (correo electrónico, videoconferencia, foros de Moovi, etc.) bajo la modalidad de cita previa.



10. EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

El alumno dispone de tres oportunidades para aprobar la asignatura: la convocatoria ordinaria (evaluación continua y examen ordinario) y la extraordinaria.

Se empleará un sistema de calificación numérica con valores de 0.0 a 10.0 puntos en todas las pruebas evaluables, según la legislación vigente (R.D. 1125/2003 de 5 de septiembre, B.O.E. nº 224 de 18 de septiembre).

La asignatura se considerará superada cuando la calificación del alumno (calculada según se especifica en las próximas secciones) sea mayor o igual a **5.0** puntos.

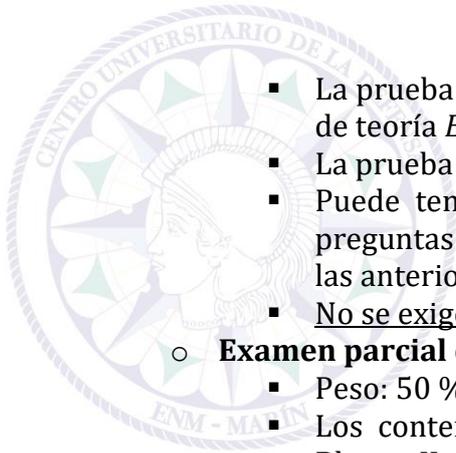
10.1. Convocatoria ordinaria

En la convocatoria ordinaria se realiza un proceso de evaluación continua en el que el peso de las distintas partes en que se estructura la asignatura sobre la nota final (*NEC*) es el siguiente:

1. Asimilación de contenidos teóricos de la materia (T): 70 %
2. Asimilación de contenidos prácticos de la materia (L): 30 %

10.1.1. Evaluación continua

- **Conocimientos de teoría:** La parte de conocimientos de teoría se evalúa mediante la combinación de dos pruebas puntuables y un examen final, de la siguiente forma:
 - **Examen parcial (EP):**
 - Peso: 43 % de teoría (30 % de *NEC*).
 - La prueba tendrá 1,5 horas de duración.
 - La prueba se realiza de manera individual.
 - La prueba se realizará preferentemente tras finalizar el Bloque I de la asignatura.
 - Puede tener la forma de examen de preguntas objetivas, examen de preguntas de desarrollo, resolución problemas o alguna combinación de las anteriores.
 - No se exige nota mínima en este examen.
 - **Examen final de teoría (EF):**
 - Peso: 57 % de teoría (40 % de *NEC*).
 - La prueba tendrá 2 horas de duración.
 - La prueba se realiza de manera individual.
 - Puede tener la forma de examen de preguntas objetivas, examen de preguntas de desarrollo, resolución problemas o alguna combinación de las anteriores.
 - La prueba constará de dos partes, una dedicada a cada bloque de la materia.
 - Se exige una nota mínima de 4 sobre 10 en este examen.
- **Conocimientos prácticos:** La parte de prácticas de laboratorio se evalúa mediante la realización de dos pruebas puntuables, de la siguiente forma:
 - **Examen parcial de práctica 1 (EL1):**
 - Peso: 50 % de práctica (15 % de *NEC*).
 - Los contenidos de la prueba parcial se restringen a las prácticas del Bloque I.



- La prueba tendrá 1 hora de duración, coincidiendo con el examen parcial de teoría *EP*.
- La prueba se realiza de manera individual.
- Puede tener la forma de examen de preguntas objetivas, examen de preguntas de desarrollo, resolución problemas o alguna combinación de las anteriores.
- No se exige nota mínima en este examen.
- **Examen parcial de práctica 2 (EL2):**
 - Peso: 50 % de práctica (15 % de *NEC*).
 - Los contenidos de la prueba parcial se restringen a las prácticas del Bloque II.
 - La prueba tendrá 1 hora de duración, coincidiendo con el examen final de teoría *EF*.
 - La prueba se realiza de manera individual.
 - Puede tener la forma de examen de preguntas objetivas, examen de preguntas de desarrollo, resolución problemas o alguna combinación de las anteriores.
 - No se exige nota mínima en este examen.

Nota final y requisitos mínimos para superar la asignatura mediante evaluación continua: Para asegurar que el alumno ha adquirido las destrezas mínimas en cada uno de los aspectos de la asignatura se exigirá a los alumnos que alcancen una nota mínima de 4 sobre 10 en el examen final de teoría, de modo que la nota final en evaluación continua (*NEC*) se calcula con las siguientes fórmulas:

$$MED_CON = 0,3 EP + 0,15 EL1 + 0,15 EL2 + 0,40 EF$$

- Si $EF \geq 4$:

$$NEC = MED_CON$$

- Si $EF < 4$:

$$NEC = \min(4, MED_CON).$$

El alumno que no supere la asignatura en esta convocatoria debe presentarse al examen ordinario.

10.1.2. Examen ordinario

En este caso, el peso en la nota final (*NEO*) de las distintas partes se distribuye de la siguiente forma:

1. Asimilación de contenidos teóricos de la materia (T): 70 %
 2. Asimilación de contenidos prácticos de la materia (L): 30 %
- **Conocimientos de teoría:** La evaluación de esta parte se realiza de la siguiente forma:
 - Un examen a realizar en las fechas de evaluación establecidas.
 - La prueba tendrá 2 horas de duración.
 - La realización es individual.
 - Puede tener la forma de examen de preguntas objetivas, examen de preguntas de desarrollo, resolución problemas o alguna combinación de las anteriores.
 - La prueba constará de dos partes, una dedicada a cada bloque de la materia, siendo la duración de cada parte de 1 hora.

- **Conocimientos prácticos:** La evaluación de esta parte se realiza de la siguiente forma:
 - Un examen a realizar en las fechas de evaluación establecidas.
 - Se realizarán coincidiendo con el examen ordinario.
 - La prueba tendrá 1 hora de duración.
 - La realización es individual.
 - La prueba constará de dos partes, la primera referida al Bloque I de prácticas y la segunda al Bloque II.
 - Puede tener la forma de examen de preguntas objetivas, examen de preguntas de desarrollo, resolución problemas o alguna combinación de las anteriores.

Nota final y requisitos mínimos para superar la asignatura en el examen ordinario: La nota final (*NEO*) se calcula con la siguiente fórmula:

$$NEO = 0,70 T + 0,30 L$$

El alumno que no supere la asignatura en esta convocatoria o en evaluación continua debe presentarse a la convocatoria extraordinaria.

10.1.3. Nota en primera convocatoria

La nota en primera convocatoria (*NPC*) se calcula como el máximo de las notas en evaluación continua (*NEC*) y en examen ordinaria (*NEO*) con la siguiente fórmula:

$$NPC = \max(NEC, NEO)$$

10.2. Convocatoria extraordinaria

Se realiza un examen extraordinario para aquellos alumnos que no hayan superado la materia en primera convocatoria. En este caso, el peso en la nota final del examen extraordinario (*NEE*) de las distintas partes se distribuye de la misma forma que para el cálculo de la nota del examen ordinario (*NEO*), siguiendo ambos exámenes un formato similar.

Nota final y requisitos mínimos para superar la asignatura en el examen extraordinario:

La nota final (*NEE*) se calcula con la siguiente fórmula:

$$NEE = 0,70 T + 0,30 L$$

INTEGRIDAD ACADÉMICA:

Se espera que el alumnado tenga un comportamiento ético adecuado, comprometiéndose a actuar con honestidad. En base al artículo 42.1 del *Reglamento sobre la evaluación, la calificación y la calidad de la docencia y del proceso de aprendizaje del estudiantado de la Universidad de Vigo*, así como del punto 6 de la norma quinta de la *Orden DEF/711/2022, de 18 de julio, por la que se establecen las normas de evaluación, progreso y permanencia en los centros docentes militares de formación para la incorporación a las escalas de las Fuerzas Armadas*, **la utilización de procedimientos fraudulentos en pruebas de evaluación, así como la cooperación en ellos implicará la cualificación de cero (suspense) en el acta de la convocatoria correspondiente**, con independencia del valor que sobre la calificación global tuviese la prueba en cuestión y sin perjuicio de las posibles consecuencias de índole disciplinaria que puedan producirse.

En la realización de las actividades académicas de esta materia **se permite el empleo de herramientas de Inteligencia Artificial Generativa (IAG), usadas de forma ética, crítica y responsable**. En caso de haber utilizado IAG, se debe evaluar críticamente cualquier resultado que proporcione, verificar cuidadosamente cualquier cita o referencia generada y declarar el uso de las herramientas utilizadas. No es necesario declarar el uso de IAG en tareas que no

producen contenido (revisión de lenguaje - ortográfica o gramatical - en un documento, traducción de texto, obtención de sugerencias para reorganizar contenido o modificar estilo de un documento o adaptar el formato de referencias bibliográficas). Cuando se deba referenciar contenido producido por IAG (texto, imágenes, etc.), se especificarán, al menos, los siguientes elementos: contenido generado, *prompt* empleado en la consulta, herramienta utilizada, versión, compañía autora del software, fecha en que se realizó la consulta y enlace al sitio web de la herramienta. **La detección de una situación de no declaración de uso de IAG será considerada como fraude académico y se aplicarán las medidas descritas en el párrafo anterior.**

10.4. Evaluación de los resultados de formación y aprendizaje asociados a la asignatura

La tabla 10.1 relaciona cada uno de los elementos de evaluación de la asignatura con las competencias que están siendo evaluadas.

Actividades y fechas aproximadas de evaluación	Competencias a evaluar
EP Prueba escrita para evaluar los conocimientos teóricos adquiridos en los temas del Bloque I (fecha: semana 8 del cuatrimestre)	CG3 (B3), CE12 (C12), CT2 (D2), CT3 (D3), CT9 (D9), CT16 (D16)
EL1 Prueba escrita para evaluar los conocimientos prácticos adquiridos en las sesiones prácticas del Bloque I (fecha: semana 8 del cuatrimestre)	CG3 (B3), CE12 (C12), CT2 (D2), CT3 (D3), CT6 (D6), CT9 (D9), CT16 (D16)
EL2 Prueba escrita para evaluar los conocimientos prácticos adquiridos en las sesiones prácticas del Bloque II (fecha: semana oficial de evaluación del centro, coincidiendo con la fecha del examen final de teoría EF)	CG3 (B3), CE12 (C12), CT2 (D2), CT3 (D3), CT6 (D6), CT9 (D9), CT16 (D16)
EF Prueba escrita para evaluar los conocimientos adquiridos a lo largo del curso (fecha: semana oficial de evaluación del centro, al final del cuatrimestre).	CG3 (B3), CE12 (C12), CT2 (D2), CT3 (D3), CT9 (D9), CT16 (D16)

TABLA 10.1. Evaluación de las competencias asociadas a la asignatura

11. BIBLIOGRAFÍA, RECURSOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN BÁSICOS Y COMPLEMENTARIOS

En este apartado se resume la bibliografía recomendada al alumno, tanto para el seguimiento de la asignatura como para profundizar en determinados temas. Dividiremos el conjunto de la bibliografía en dos apartados, que corresponden a los dos bloques en los que está dividida la teoría: Bloque I y Bloque II.

1. Bloque I: Automatización industrial y modelado de sistemas secuenciales.

a. Bibliografía básica.

- i. José A. González Prieto, José P. González Coma, Fundamentos de Automática (apuntes de teoría y problemas de la asignatura).
- ii. E. Mandado, J. Marcos, C. Fernández, J. I. Armesto; Autómatas programables y sistemas de automatización; Ed. Marcombo.

b. Bibliografía complementaria.

- i. M. Silva; Las redes de Petri en la Automática y la Informática; Editorial AC.

2. Bloque II: Análisis y diseño de sistemas de control.

a. Bibliografía básica.

- i. José A. González Prieto, José P. González Coma, Fundamentos de Automática (apuntes de teoría y problemas de la asignatura).
- ii. K. Ogata; Ingeniería de control moderna; Ed. Prentice – Hall.

b. Bibliografía complementaria.

- i. Dorf, Bishop; Sistemas de control modernos; Ed. Addison – Wesley
- ii. C. Valdivia; Sistemas de control continuos y discretos; Ed. Paraninfo.
- iii. F. Cucharero; Guiado y control de misiles; Ministerio de Defensa.

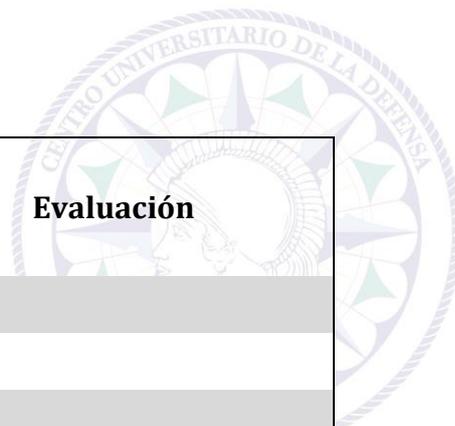
12. RECOMENDACIONES AL ALUMNO

Se recomienda al alumnado haber superado las materias de Cálculo I, Cálculo II y Ecuaciones Diferenciales, Física I, Física II, Fundamentos de Electrotecnia y Tecnología Electrónica.

Además, para cursar esta asignatura con éxito, el alumno debe tener:

- Capacidad de comprensión escrita y oral.
- Capacidad de abstracción, cálculo básico y síntesis de la información.
- Destrezas para el trabajo en grupo y para la comunicación grupal.

13. CRONOGRAMA DE TODAS LAS ACTIVIDADES DOCENTES



Semana	Docencia grupos de teoría	Docencia grupos de prácticas	Horas de seminario	Evaluación
S1	1h tema 1			
S2	2h tema 1	2h práctica 1		
S3	2h tema 1	2h práctica 2	1h seminario 1	
S4	1h tema 1 1h tema 2	2h práctica 3		
S5	3h tema 2		1h seminario 2	
S6	2h tema 2	2h práctica 4		
S7	2h tema 2		1h seminario 3	
S8	2h tema 3	2h práctica 5		Examen parcial de teoría (EP): 1,5 h Examen de práctica (EL1): 1 h
S9	2h tema 3 1h tema 4		1h seminario 4	
S10	1h tema 4	2h práctica 6	1h seminario 5	
S11	3h tema 4		1h seminario 6	
S12	1h tema 4 1h tema 5	2h práctica 7		
S13	3h tema 5		1h seminario 7	
S14				Examen final de teoría (EF): 2 h Examen de práctica (EL2): 1 h
Convocatoria examen ordinario				3 h
Curso intensivo				15 h
Convocatoria examen extraordinario				3 h

TOTALES	28	14	7	28
----------------	-----------	-----------	----------	-----------