



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

615000492 - Sistemas De Tiempo Real

PLAN DE ESTUDIOS

61CI - Grado En Ingeniería De Computadores

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - Primer 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.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	12

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	615000492 - Sistemas de Tiempo Real
No de créditos	6 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Cuarto curso
Semestre	Séptimo semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	61CI - Grado en Ingeniería de Computadores
Centro responsable de la titulación	61 - Escuela Técnica Superior De Ingeniería De Sistemas Informáticos
Curso académico	2024-25

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Gustavo Adolfo Hernandez Peñaloza	4408	gustavo.hernandez.penaloz@upm.es	Sin horario. Se indicarán al inicio del semestre
Javier Garcia Martin (Coordinador/a)	D-4419	javier.garciam@upm.es	Sin horario. Se indicarán al inicio del semestre

Jose Carlos Gamazo Real	4307	josecarlos.gamazo@upm.es	Sin horario. Se indicarán al inicio del semestre
-------------------------	------	--------------------------	--------------------------------------------------------

* 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

- Programacion Concurrente Y Avanzada
- Sistemas Operativos

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Programación

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CB02 - 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

CB04 - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado

CE5 - Capacidad de analizar, evaluar y seleccionar las plataformas hardware y software más adecuadas para el soporte de aplicaciones empotradas y de tiempo real.

CT4 - Comunicación escrita: Relacionarse eficazmente con otras personas a través de la expresión clara de lo que se piensa, mediante la escritura y los apoyos gráficos

OB01 - Capacidad para concebir, redactar, organizar, planificar, desarrollar y firmar proyectos en el ámbito de la ingeniería en informática que tengan por objeto la concepción el desarrollo o la explotación de sistemas, servicios

y aplicaciones informáticas, según lo establecido en el apartado 5 del anexo II de la resolución de la Secretaría General de Universidades de 8 de junio de 2009 (BOE-A-2009-12977).

OB05 - Capacidad para concebir, desarrollar y mantener sistemas, servicios y aplicaciones informáticas empleando los métodos de la ingeniería del software como instrumento para el aseguramiento de su calidad, de acuerdo con los conocimientos adquiridos según lo establecido en el apartado 5 del anexo II de la resolución de la Secretaría General de Universidades de 8 de junio de 2009 (BOEA-2009-12977).

OB06 - Capacidad para concebir, desarrollar y mantener 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 del anexo II de la resolución de la Secretaría General de Universidades de 8 de junio de 2009 (BOE-A-2009-12977).

OB09 - 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.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA132 - Desarrolla los componentes HW y SW de un sistema empotrado

RA359 - Aplica metodologías y técnicas para mejorar la fiabilidad y seguridad de un sistema

RA133 - Desarrolla sistemas de tiempo real utilizando las técnicas adecuadas para garantizar el respeto de las restricciones planteadas

RA365 - Utiliza las herramientas de programación adecuadas para Implementar sistemas multitarea que siguen la estructura de un sistema de tiempo real crítico

RA358 - Utiliza lenguajes de modelado para especificar y diseñar un sistema empotrado con restrcciones de tiempo real

RA140 - Escribe documentos con estructura compleja para documentar algún trabajo o estudio realizado. Organiza las distintas partes del texto siguiendo alguna estructura de texto científico: formulación de hipótesis, contexto, objetivos, justificación del trabajo, método utilizado, resultados obtenidos, conclusiones y referencias bibliográficas. Se expresa de manera eficaz mediante la escritura y los apoyos gráficos

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

En los Sistemas de Tiempo Real (STR), a diferencia de gran parte de los sistemas informáticos, un retardo en la generación de una salida puede tener consecuencias graves en el entorno en el que trabaja, y por lo tanto, se considera que el sistema ha tenido un fallo inaceptable. Este tipo de sistemas requiere unas herramientas, metodologías y análisis específicas para asegurar el cumplimiento de las restricciones de tiempo en cualquier circunstancia. Además, los STR están directamente relacionados con los sistemas empotrados, sistemas industriales, sistemas multimedia y sistemas de alta integridad, aquellos en los que la seguridad y la fiabilidad son aspectos muy importantes.

Esta asignatura aborda todos los aspectos relacionados con el desarrollo de los STR: especificación, diseño, análisis, tecnologías e implementación. La impartición se lleva cabo mediante las metodologías de Aprendizaje Basado en Casos, Aprendizaje Basado en Proyectos y de Clase Invertida. De esta forma, mediante la resolución de ejemplos prácticos el estudiante adquiere los conocimientos y las destrezas necesarias para desarrollar este tipo de sistemas.

5.2. Temario de la asignatura

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Características de los STR;
- 1.2. STR críticos;
- 1.3. Entornos de desarrollo y entornos de ejecución;
- 1.4. Introducción al lenguaje Ada;
- 1.5. Programación concurrente en lenguaje Ada

2. PROGRAMACIÓN DE ASPECTOS DE TIEMPO REAL

- 2.1. Representación del tiempo y tipos de datos;
- 2.2. Retardos, Time-Outs, Transferencia asíncrona de control;
- 2.3. Procesos periódicos;
- 2.4. Introducción a las prioridades de procesos;

2.5. Procesos aperiódicos y servidores esporádicos

3. PLANIFICACIÓN DE STR

3.1. Introducción al problema de la planificación;

3.2. Ejecutivos cíclicos;

3.3. Planificación con prioridades fijas (RMS y DMS);

3.4. Protocolos de acceso a recursos;

3.5. Análisis de tiempo de respuesta;

3.6. Otros métodos de planificación: DMS, dinámicos (EDF)

4. MODELADO DE STR y SISTEMAS EMPOTRADOS

4.1. Análisis de requisitos en STR

4.2. Diseño arquitectónico y detallado de un sistema empotrado de tiempo real

4.3. Un caso de estudio

5. TOLERANCIA A FALLOS

5.1. Conceptos básicos;

5.2. Métodos de recuperación de errores;

5.3. Excepciones como soporte a la tolerancia de fallos;

5.4. Tolerancia a fallos en restricciones de tiempo

6. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE ALTA INTEGRIDAD

6.1. Conceptos básicos de los Sistemas de Alta Integridad;

6.2. Introducción a los Estándares de Seguridad;

6.3. Técnicas de Verificación;

6.4. Lenguaje ADA en Sistemas de Alta Integridad;

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Introducción a los STR - Presentación de la asignatura Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Introducción al lenguaje Ada y al entorno de desarrollo Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
2		Programación en Ada: Procedimientos, funciones y paquetes Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio Presentación del Caso Práctico para el desarrollo del Proyecto Duración: 00:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio Programación en Ada sobre el Caso Práctico Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
3	Programación Concurrente en Ada Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Programación concurrente sobre el Caso Práctico: comunicación y sincronización de tareas Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
4		Programación concurrente sobre el Caso Práctico: implementación sobre prototipo hardware Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio Programación concurrente sobre el Caso Práctico: implementación sobre prototipo hardware Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5	Programación de aspectos de tiempo real Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Programación del Caso Práctico: tareas periódicas Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		

6	<p>Programación de tareas esporádicas Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Programación del Caso Práctico: tareas esporádicas Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
7	<p>Cuestionarios sobre conceptos teóricos (RA: 132, 365) Duración: 00:30 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>	<p>Programación completa del Caso Práctico Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p>Programación completa del Caso Práctico Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Cuestionarios sobre conceptos teóricos (RA: 132, 365) EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:30</p>
8	<p>Modelado de STR: diagramas de estructura Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> <p>Entrega Proyecto - Implementación (RA: 132, 133, 365) Duración: 00:15 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>	<p>Diseño arquitectónico SysML del caso práctico mediante la herramienta ENTERPRISE ARCHITECT Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Entrega Proyecto - Implementación (RA: 132, 133, 365) PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:15</p>
9	<p>Modelado de STR: diagramas de comportamiento Duración: 01:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	<p>Diseño detallado SysML del caso práctico mediante la herramienta ENTERPRISE ARCHITECT Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
10	<p>Planificación de STR: Introducción; Algoritmos de planificación Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Análisis de planificabilidad del Caso Práctico (Estimación de tiempos de cómputo) Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Entrega Proyecto - Modelado y Diseño (RA: 133) PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:05</p>
11	<p>Planificación de STR: Análisis de Tiempos de Respuesta y protocolos de acceso a recursos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Análisis de planificabilidad del Caso Práctico (Análisis de los tiempos de respuesta) Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
12	<p>Tolerancia a Fallos Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Resolución de problemas (RA: 133, 365) Duración: 01:30 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>	<p>Desarrollo de un proyecto de STR: especificación, diagramas SysML-Enterprise, implementación, pruebas y documentación Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Resolución de problemas (RA: 133, 365) EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 01:30</p>
13	<p>Sistemas de alta integridad Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Desarrollo de un proyecto de STR: especificación, diagramas SysML-Enterprise, implementación, pruebas y documentación Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		

14	<p>Entrega Proyecto - Prototipo hardware (RA: 133, 359, 358) Duración: 00:15 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>	<p>Desarrollo de un proyecto de STR: especificación, diagramas SysML-Enterprise, implementación, pruebas y documentación Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Entrega Proyecto - Prototipo hardware (RA: 133, 359, 358) PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:15</p>
15		<p>Desarrollo de un proyecto de STR: especificación, diagramas SysML-Enterprise, implementación, pruebas y documentación Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Entrega Proyecto - Documentación (RA: 359, 133, 358, 140) PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:05</p>
16				
17				<p>Evaluación Final de Cuestionarios y Resolución de Problemas (Recuperación: sólo para estudiantes que no han superado estas pruebas en la evaluación progresiva) EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 02:30</p> <p>Verificación de las prácticas REALIZADAS DURANTE EL PERIODO LECTIVO OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Global No presencial Duración: 00:01</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.

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
7	Cuestionarios sobre conceptos teóricos (RA: 132, 365)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	15%	3.5 / 10	OB09 OB06 OB05
8	Entrega Proyecto - Implementación (RA: 132, 133, 365)	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	No Presencial	00:15	25%	4 / 10	CE5 OB01 OB06
10	Entrega Proyecto - Modelado y Diseño (RA: 133)	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	No Presencial	00:05	15%	4 / 10	CB02
12	Resolución de problemas (RA: 133, 365)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	20%	3.5 / 10	CB02 CE5
14	Entrega Proyecto - Prototipo hardware (RA: 133, 359, 358)	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	00:15	10%	0 / 10	OB09 CB02 OB05
15	Entrega Proyecto - Documentación (RA: 359, 133, 358, 140)	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	No Presencial	00:05	15%	4 / 10	OB01 OB09 CT4 OB05 CB04

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Evaluación Final de Cuestionarios y Resolución de Problemas (Recuperación: sólo para estudiantes que no han superado estas pruebas en la evaluación progresiva)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:30	35%	3.5 / 10	OB01 OB09 OB06 CB02 OB05 CE5

17	Verificación de las prácticas REALIZADAS DURANTE EL PERIODO LECTIVO	OT: Otras técnicas evaluativas	No Presencial	00:01	65%	4 / 10	OB09 OB06 CB02 CT4 OB05 CB04
----	---------------------------------------------------------------------	--------------------------------	---------------	-------	-----	--------	---------------------------------------------

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Evaluación de Cuestionarios de teoría y Resolución de Problemas (peso 50%) // Prueba escrita para evaluar los resultados de aprendizaje equivalentes a las "Entregas de proyecto" (Peso 50%)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	5 / 10	OB01 OB09 OB06 CB02 CT4 OB05 CB04 CE5

7.2. Criterios de evaluación

El estudiante que supere una nota final mayor o igual a 5 mediante las pruebas de evaluación progresiva especificadas en el cronograma no tendrá que presentarse al examen final.

El estudiante que no supere la evaluación progresiva tendrá la posibilidad de aprobar la asignatura en la convocatoria de enero mediante un examen escrito en el que se examinará de aquellas partes que no haya superado durante el cuatrimestre, distinguiéndose dos partes: (a) Pruebas de teoría (cuestionarios) y (b) Resolución de problemas.

La convocatoria extraordinaria de julio consistirá en un examen escrito en el que el alumno se podrá evaluar de las mismas partes que en el examen de la convocatoria de enero: (a) y (b).

Todas las actividades de evaluación del tipo "Entrega Proyecto" corresponden a las prácticas de laboratorio de la

asignatura. Estas actividades se deberán realizar exclusivamente durante el periodo docente y es obligatorio superarlas para aprobar la asignatura.

Durante la evaluación progresiva se controlará la asistencia. Para superar la asignatura se deberá haber asistido al menos al 75% de las clases de laboratorio, salvo causas de fuerza mayor y debidamente justificadas.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
"Real-Time Systems and their programming languages", 4ª Edición. BURNS AND WELLINGS. Addison-Wesley, 2009.	Bibliografía	Libro que desarrolla en detalle los conceptos fundamentales de los STR que se exponen y trabajan en la asignatura.
Analysable Real-time Systems : Programmed in Ada Burns, Alan; Wellings, Andy. 2016	Bibliografía	Versión más actual y reorganizada del libro de Alan Burns, en el que desarrolla los conceptos teóricos de la asignatura, enfocado a la implementación en lenguaje Ada de los STR
"Concurrency in Ada", 2ª Edición. ALAN BURNS AND ANDY WELLINGS. Cambridge University Press, 1998.	Bibliografía	Libro de apoyo a la implementación del Caso Práctico y del Proyecto
"Modeling and Analysis of Real-Time and Embedded Systems with UML and MARTE". Bran Selic, Sebastian Gérard.Ámsterdam, Elsevier. 2014	Bibliografía	Libro sobre la utilización de UML en la modelización de STR y sistemas empotrados. Esta modelización se aplicará al caso práctico y al proyecto.
"Ada95 Reference Manual". S. TUCKER TAFT, ROBERT A. DUFF. Lectures Notes in Computer Science. Springer, 1997.	Bibliografía	Manual de referencia del lenguaje Ada95. Explica con claridad detalles de la programación en Ada95.

"Real-Time Systems" Jane W.S. Liu. Prentice Hall, 2000.	Bibliografía	Libro que profundiza en aspectos relacionados con la planificación de STR
"A Practitioners Handbook for Real-Time Analysis: Guide to rate monotonic analysis for real-time systems". M.H. KLEIN, T. RALYA, B. POLLAK, R. OBENZA and M. GONZALEZ. KAP, 1993.	Bibliografía	Libro que profundiza en los algoritmos de planificación de STR
"Real-Time Systems". C.M. KRISHNA, KANG G. SHIN. McGrawHill, 1997.	Bibliografía	Libro que trata aspectos genéricos de los STR
"Programming in Ada95", 2ª Edición. JOHN BARNES. Addison-Wesley, 1998.	Bibliografía	Libro de apoyo a la implementación del Caso Práctico y del Proyecto
L-4401 ó L-4406	Equipamiento	Laboratorios del departamento

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

Esta asignatura, además de la CT de Comunicación Escrita, tiene asignada la competencia CT9, Responsabilidad social y medioambiental: Conocimientos, habilidades y actitudes para integrar en la actividad profesional, de forma responsable y equilibrada, los aspectos sociales, ambientales y éticos inherentes a la ingeniería informática.

Para cubrir esta competencia se define el siguiente RA: Comprende las interrelaciones entre tecnología (en particular de las TIC) y sociedad, en distintos ámbitos (económico, bienestar social, derechos humanos, medioambiente) y es capaz de reflexionar de forma crítica sobre las mismas.

Para la parte de formación de la competencia se tienen previstas las siguientes actividades. En primer lugar se facilitará material de lectura a los estudiantes para analizar, de una forma general, la interrelación entre el mundo de la ingeniería, el medioambiente y la responsabilidad social. En segundo lugar, se debatirá sobre el impacto social y medioambiental del caso práctico implementado en la primera práctica de la asignatura, así como su

alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU.

El RA se evaluará dentro de la actividad "Presentación del proyecto", en el que los estudiantes tendrán que incorporar, dentro del informe escrito final, un análisis y una reflexión sobre el impacto del sistema que han desarrollado en alguno de los ámbitos de la sociedad (económico, bienestar social, derechos humanos, medioambiente). Esta parte tendrá un peso del 20% en la nota final del proyecto.

PREVISIÓN DE ACTIVIDADES ONLINE

En previsión de posibles recidivas de la epidemia de COVID, la presente guía contempla la impartición de la asignatura en formato bimodal: todas las actividades formativas planificadas inicialmente como actividades presenciales, en caso de ser necesario pasarán a desarrollarse a través de plataformas online.

Para estas actividades se utilizará alguna de las plataformas ofrecidas por la UPM (Zoom o Collaborate) o la ETSISI (Jitsi).