



GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA (cc)  
**SISTEMAS EMPOTRADOS**

Curso 2020-2021

(Fecha última actualización: 07/07/2020)

(Fecha de aprobación en Consejo de Departamento: 15/07/2020)

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
Formación de Especialidad 3: Ingeniería de computadores	Sistemas de cómputo para aplicaciones específicas	4º	7º	6	Optativa
PROFESORES <sup>(1)</sup>		DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Jesús González Peñalver</li> </ul>		Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores ETS Ingenierías Informática y de Telecomunicación C/ Periodista Daniel Saucedo s/n 18071 Granada (España) 2ª planta, despacho 26 Teléfono: 958 243 163 Correo electrónico: <a href="mailto:jesusgonzalez@ugr.es">jesusgonzalez@ugr.es</a>			
		HORARIO DE TUTORÍAS Y/O ENLACE A LA PÁGINA WEB DONDE PUEDAN CONSULTARSE LOS HORARIOS DE TUTORÍAS <sup>(1)</sup>			
		<a href="http://grados.ugr.es/informatica/pages/infoacademica/profesorado*/4/">http://grados.ugr.es/informatica/pages/infoacademica/profesorado*/4/</a>			
GRADO EN EL QUE SE IMPARTE	OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR				
Grado en Ingeniería Informática					
PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)					
Se recomienda la superación de los contenidos y adquisición de competencias de las materias de formación básica, de las asignaturas obligatorias de rama Estructura de Computadores, Arquitectura de Computadores y Sistemas Operativos, y de las asignaturas del módulo de Ingeniería de Computadores Desarrollo de Hardware Digital y Sistemas con Microprocesadores.					

1 Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

(cc) Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada"

([http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ncg7121/!](http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ncg7121/))

Firma (1): FERNANDO JOSE ROJAS RUIZ  
 En calidad de: Secretario/a de Departamento



UNIVERSIDAD  
 DE GRANADA

INFORMACIÓN SOBRE TITULACIONES DE LA UGR  
[grados.ugr.es](http://grados.ugr.es)



Este documento firmado digitalmente puede verificarse en <https://sede.ugr.es/verifirma/>  
 Código seguro de verificación (CSV): FC95C3D562A543D30DAFB84E18E7771B

15/07/2020

Pág. 1 de 9

## BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)

Metodología y herramientas de trabajo para sistemas empuotrados. Selección de la plataforma y el procesador. Software de sistema y configuración. Desarrollo de *drivers*. Sistemas seguros y críticos para aplicaciones empuotradas. Sistemas muti-núcleo.

## COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

El título de Graduado/a en Ingeniería Informática de la Universidad de Granada ha obtenido, con fecha 5 de junio de 2019, el sello Euro-Inf, otorgado por ANECA en colaboración con el Consejo General de Colegios Profesionales de Ingeniería en Informática (CCII) y con el Consejo General de Colegios Oficiales de Ingeniería Técnica en Informática (CONCITI). Esta acreditación garantiza el cumplimiento de criterios y estándares reconocidos por los empleadores españoles y del resto de Europa, de acuerdo con los principios de calidad, relevancia, transparencia, reconocimiento y movilidad contemplados en el Espacio Europeo de Educación Superior.

### Competencias Generales del Título

- **E4.** Capacidad para definir, evaluar y seleccionar plataformas hardware y software para el desarrollo y la ejecución de sistemas, servicios y aplicaciones informáticas .
- **E11.** Capacidad para analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas, comprendiendo la responsabilidad ética y profesional de la actividad del Ingeniero Técnico en Informática.
- **T2.** Capacidad para tomar decisiones basadas en criterios objetivos (datos experimentales, científicos o de simulación disponibles) así como capacidad de argumentar y justificar lógicamente dichas decisiones, sabiendo aceptar otros puntos de vista

### Competencias Básicas

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

## OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

### Objetivos formativos particulares

- Analizar sistemas empuotrados. Identificar las características que diferencian a los sistemas de cómputo empuotrados de los de propósito general.
- Seleccionar la plataforma más apropiada en función de los requerimientos del sistema empuotrado.
- Seleccionar, configurar y usar herramientas de desarrollo y depuración de un sistema empuotrado.
- Desarrollo de *firmware* para aplicaciones empuotradas.
- Desarrollar controladores para los periféricos del sistema empuotrado con distintos niveles de abstracción.
- Optimizar el código empuotrado para la arquitectura del sistema, haciendo énfasis en maximizar las prestaciones y minimizar el consumo de energía.
- Caracterizar un sistema operativo empuotrado. Selección, configuración y uso.
- Entender y manejar niveles de fiabilidad y tolerancia a fallos de un sistema empuotrado. Aplicar técnicas de diseño y herramientas de prevención de los mismos.



- Identificar las certificaciones existentes para sistemas empotrados seguros.
- Identificar y argumentar la necesidad de usar varios procesadores o núcleos en un sistema empotrado.

### Objetivos formativos de carácter general (Competencias según BOE de 4 de Agosto de 2009)

- Capacidad de desarrollar procesadores específicos y sistemas empotrados, así como desarrollar y optimizar el software de dichos sistemas.
- Capacidad de analizar, evaluar y seleccionar las plataformas hardware y software más adecuadas para el soporte de aplicaciones empotradas y de tiempo real.

### TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

#### TEMARIO TEÓRICO:

**Tema 1.** Introducción a los sistemas empotrados

**Tema 2.** Procesador y mapa de memoria

**Tema 3.** Cargador de arranque

**Tema 4.** Excepciones e interrupciones

**Tema 5.** Entrada/salida

#### TEMARIO PRÁCTICO:

**Práctica 1.** Conexión y gestión remota de la plataforma

**Práctica 2.** Introducción al ensamblador

**Práctica 3.** Introducción al enlazador y el resto de las binutils

**Práctica 4.** Arranque e inicialización del entorno de ejecución

**Práctica 5.** Gestión de excepciones e interrupciones

**Práctica 6.** El controlador de interrupciones

**Práctica 7.** Gestión de los pines de entrada/salida

**Práctica 8.** Desarrollo de un driver L0 para las UART

**Práctica 9.** Desarrollo de un driver L1 para las UART

**Práctica 10.** Desarrollo de un driver L2 para las UART

#### SEMINARIOS:

**Seminario 1.** Perspectivas laborales

**Seminario 2.** Configuración e instalación de las herramientas de desarrollo

### BIBLIOGRAFÍA



#### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- L. Edwards. *Embedded Systems Design on a Shoestring*. Newnes, 2003.
- M. Barr, A. Massa. *Programming Embedded Systems: With C and GNU Development Tools*, 2nd ed. O'Reilly, 2006.
- M. Barr. *Embedded C Coding Standard*. Netrino Institute, 2008.
- J. Ganssle. *The Firmware Handbook*, Newnes, 2004.
- C. Walls. *Embedded Software. The Works*. Newnes, 2006.
- Q. Li, G. Yao. *Real-Time Concepts for Embedded Systems*, CMP Books, 2003.
- W. Hohl. *ARM Assembly Language. Fundamentals and Techniques*. CRC Press, 2009.
- A. N. Sloss, D. Symes y C. Wright. *ARM System Developer's Guide. Designing and Optimizing System Software*. Morgan Kaufmann, 2004.

#### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- A. S. Berger. *Embedded System Design. An introduction to Processes, Tools, & Techniques*. CMP Books, 2002.
- S. Heath. *Embedded System Design*. Newnes, 2ª edición, 2003.
- P. Marwedel. *Embedded System Design*. Springer, 2006.
- W. Wolf. *Computers as Components: Principles of Embedded Computing System Design*, 2nd ed. Morgan Kaufmann, 2008.
- F. Vahid y T. Givargis. *Embedded System Design*. John Wiley & Sons, 2002.
- J. J. Labrosse, et al. *Embedded Software: Know it All*. Newnes, 2007.
- J. Ganssle, et al. *Embedded Hardware: Know it All*. Newnes, 2007.
- J. Ganssle (ed.). *Embedded Systems: World Class Designs*. Newnes, 2007.
- I. Lee, J. Y-T. Leung, S. H. Son. *Handbook of Real-Time and Embedded Systems*. Chapman & Hall/CRC, 2008.
- K. E. Curtis. *Embedded Multitasking*, Newnes, 2006.

#### ENLACES RECOMENDADOS

- ARM. ARM Processors. <http://www.arm.com/products/processors/>
- Free Software Foundation. Herramientas de desarrollo con licencia GNU
  - Binutils: <http://directory.fsf.org/wiki/Binutils>
  - GCC: <http://directory.fsf.org/wiki/GCC>
  - Gdb: <http://directory.fsf.org/wiki/Gdb>
- Red Hat, Inc. The Newlib Homepage. <http://sourceware.org/newlib/>
- OpenOCD. Open On-Chip Debugger. <http://openocd.sourceforge.net/>
- EDN.com <http://www.edn.com/>
- Embedded.com <http://www.embedded.com/>
- Embedded Insights. Embedded Processing Directory Index. <http://www.embeddedinsights.com/directory.php>
- Tool Interface Standard (TIS) Comitee. Executable and Linking Format (ELF) Specification, version 1.2, 1995. <http://refspecs.linuxbase.org/elf/elf.pdf>



- Rob Savoye. *Embed With GNU. Portng The GNU Tools To Embedded Systems*. Cygnus Support, 1995. <http://www.gnuarm.com/pdf/portng.pdf>
- D. Saks. *Mapping memory*. Embedded.com, 2004. <http://www.embedded.com/electronics-blogs/programming-pointers/4025002/Mapping-memory/>
- S. Chamberlain, R. Pesch, Red Hat Support y J. Johnston. Red Hat Newlib C Library: Full Configuration. <http://sourceware.org/newlib/libc.html>
- B. Gatliff. *Porting and Using Newlib in Embedded Systems*. <http://neptune.billgatliff.com/newlib.html>

umplimentar con el texto correspondiente en cada caso

## METODOLOGÍA DOCENTE

### 1. Lección magistral (Clases teóricas-expositivas) (grupo grande)

- **Descripción:** Presentación en el aula de los conceptos propios de la materia haciendo uso de metodología positiva con lecciones magistrales participativas y medios audiovisuales. Evaluación y examen de las capacidades adquiridas.
- **Propósito:** Transmitir los contenidos de la materia motivando al alumnado a la reflexión, facilitándole el descubrimiento de las relaciones entre diversos conceptos y formándole una mentalidad crítica
- **Contenido en ECTS:** 30 horas presenciales (1.2 ECTS).
- **Competencias:** E4, E11, CB5.
- **Metodologías empleadas:** Lección Magistral, Resolución de Problemas y Resolución de Casos Prácticos.

### 2. Actividades prácticas (Clases prácticas de laboratorio) (grupo pequeño)

- **Descripción:** Actividades a través de las cuales se pretende mostrar al alumnado cómo debe actuar a partir de la aplicación de los conocimientos adquiridos.
- **Propósito:** Desarrollo en el alumnado de las habilidades instrumentales de la materia.
- **Contenido en ECTS:** 15 horas presenciales (0.6 ECTS).
- **Competencias:** CB5, T2.
- **Metodologías empleadas:** Taller de Programación, Resolución de Problemas, Aula de Informática, Desarrollo de Proyectos.

### 3. Seminarios (grupo pequeño)

- **Descripción:** Modalidad organizativa de los procesos de enseñanza y aprendizaje donde tratar en profundidad una temática relacionada con la materia. Incorpora actividades basadas en la indagación, e debate, la reflexión y el intercambio.
- **Propósito:** Desarrollo en el alumnado de las competencias cognitivas y procedimentales de la materia.
- **Contenido en ECTS:** 10 horas presenciales (0.4 ECTS).
- **Competencias:** E11, CB5, T2.
- **Metodologías docentes:** Taller de programación, Debates, Demos.

### 4. Actividades no presenciales individuales (Estudio y trabajo autónomo)

- **Descripción:** (1) Actividades (guiadas y no guiadas) propuestas por el profesor a través de las cuales y de forma individual se profundiza en aspectos concretos de la



materia posibilitando al estudiante avanzar en la adquisición de determinados conocimientos y procedimientos de la materia, (2) Estudio individualizado de los contenidos de la materia (3) Actividades evaluativas (informes, exámenes, ...).

- **Propósito:** Favorecer en el estudiante la capacidad para autorregular su aprendizaje, planificándolo, diseñándolo, evaluándolo y adecuándolo a sus especiales condiciones e intereses.
- **Contenido en ECTS:** 45 horas no presenciales (1.8 ECTS).
- **Competencias:** E4, E11, CB5, T2.

#### 5. Actividades no presenciales grupales (Estudio y trabajo en grupo)

- **Descripción:** Actividades (guiadas y no guiadas) propuestas por el profesor a través de las cuales y de forma grupal se profundiza en aspectos concretos de la materia posibilitando a los estudiantes avanzar en la adquisición de determinados conocimientos y procedimientos de la materia.
- **Propósito:** Favorecer en los estudiantes la generación e intercambio de ideas, la identificación y análisis de diferentes puntos de vista sobre una temática, la generalización o transferencia de conocimiento y la valoración crítica del mismo.
- **Contenido en ECTS:** 45 horas no presenciales (1.8 ECTS).
- **Competencias:** E4, E11, CB5, T2.

#### 6. Tutorías académicas (grupo pequeño)

- **Descripción:** manera de organizar los procesos de enseñanza y aprendizaje que se basa en la interacción directa entre el estudiante y el profesor.
- **Propósito:** (1) Orientar el trabajo autónomo y grupal del alumnado, 2) profundizar en distintos aspectos de la materia y 3) orientar la formación académica-integral del estudiante.
- **Contenido en ECTS:** 5 horas presenciales, grupales e individuales (0.2 ECTS).
- **Competencias:** E4, E11, CB5, T2.
- **Metodologías docentes:** Tutorías académicas.

### EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

La calificación final que aparecerá en el Acta será un número comprendido entre 0 y 10 con una precisión de un dígito decimal. La metodología de evaluación por defecto según la normativa de la Universidad de Granada es la evaluación continua, que en el caso de esta asignatura se compone de las siguientes actividades:

- Teoría:
  - Breve cuestionario sobre los contenidos de cada tema en la sesión siguiente a su finalización.
- Prácticas:
  - Breve cuestionario sobre los contenidos de cada tema en la sesión siguiente a su finalización.

La siguiente tabla muestra la contribución de cada una de las actividades a la nota final de la asignatura y la nota mínima exigida, en su caso, para cada una de ellas:





Actividades Formativas	Porcentaje	Mínimo
Teoría	30%	1,5
Prácticas	70%	3,5
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>5,0</b>

Todo lo relativo a la evaluación se regirá por la normativa sobre planificación docente y organización de exámenes vigente en la Universidad de Granada. El sistema de calificaciones se expresará mediante calificación numérica de acuerdo con lo establecido en el art. 5 del R. D 1125/2003, de 5 de septiembre, por el que se establece el sistema europeo de créditos y el sistema de calificaciones en las titulaciones universitarias de carácter oficial y validez en el territorio nacional.

**DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA "NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA"**

En lugar de la evaluación continua, y siempre que le haya sido concedido previa solicitud en forma y plazo, para la convocatoria ordinaria el alumno puede optar por la evaluación de la asignatura mediante una única prueba final, que se celebrará el día indicado por el centro para tal efecto y constará de la siguientes pruebas:

- Cuestionario de teoría
- Cuestionario de prácticas

Tanto las contribuciones a la nota total como la nota mínima exigida para cada actividad de la evaluación única final coinciden con las de la evaluación continua, indicadas más arriba.

Para las convocatorias extraordinarias se utilizará la evaluación única final.

**ESCENARIO A (ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PRESENCIAL Y NO PRESENCIAL)**

**ATENCIÓN TUTORIAL**

**HORARIO**

(Según lo establecido en el POD)

**HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL**  
(Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)

[http://grados.ugr.es/informatica/pages/infoacademica/profesorado\\*/4](http://grados.ugr.es/informatica/pages/infoacademica/profesorado*/4)

La atención tutorial se lleva a cabo a través de herramientas síncronas (videoconferencia) y asíncronas (correo electrónico).

**MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE**

- En el caso de que sea posible mantener una distancia de seguridad en el aula de al menos 1,5 metros entre los ocupantes, las sesiones serán presenciales en su totalidad.



- En otro caso, se establecerán turnos de asistencia, retransmitiéndose las sesiones de forma síncrona para aquellos estudiantes que no puedan asistir.
- Tutorías grupales o individuales online en el horario previsto en la programación docente presencial. Dichas tutorías también podrán ser llevadas a cabo en horario distinto tras acuerdo con el alumnado, procurando no interferir en las actividades programadas en el resto de las asignaturas del curso.

#### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)

##### Convocatoria Ordinaria

- Puesto que los cuestionarios se realizarán mediante la plataforma LMS de la asignatura, no es necesaria ninguna medida de adaptación.

##### Convocatoria Extraordinaria

- Puesto que los cuestionarios se realizarán mediante la plataforma LMS de la asignatura, no es necesaria ninguna medida de adaptación.

##### Evaluación Única Final

- Puesto que los cuestionarios se realizarán mediante la plataforma LMS de la asignatura, no es necesaria ninguna medida de adaptación.

### ESCENARIO B (SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD PRESENCIAL)

#### ATENCIÓN TUTORIAL

HORARIO  
(Según lo establecido en el POD)

HERRAMIENTAS PARA LA ATENCIÓN TUTORIAL  
(Indicar medios telemáticos para la atención tutorial)

[http://grados.ugr.es/informatica/pages/infoacademica/profesorado\\*/4/](http://grados.ugr.es/informatica/pages/infoacademica/profesorado*/4/)

La atención tutorial se lleva a cabo a través de herramientas síncronas (videoconferencia) y asíncronas (correo electrónico).

#### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DOCENTE

- Las sesiones se realizarán online de forma síncrona en el horario establecido para la asignatura para las clases presenciales.
- Tutorías grupales o individuales online en el horario previsto en la programación docente presencial. Dichas tutorías también podrán ser llevadas a cabo en horario distinto tras acuerdo con el alumnado, procurando no interferir en las actividades programadas en el resto de las asignaturas del curso.

#### MEDIDAS DE ADAPTACIÓN DE LA EVALUACIÓN (Instrumentos, criterios y porcentajes sobre la calificación final)





### Convocatoria Ordinaria

- Puesto que los cuestionarios se realizarán mediante la plataforma LMS de la asignatura, no es necesaria ninguna medida de adaptación.

### Convocatoria Extraordinaria

- Puesto que los cuestionarios se realizarán mediante la plataforma LMS de la asignatura, no es necesaria ninguna medida de adaptación.

### Evaluación Única Final

- Puesto que los cuestionarios se realizarán mediante la plataforma LMS de la asignatura, no es necesaria ninguna medida de adaptación.

### INFORMACIÓN ADICIONAL (Si procede)

#### Definición de grupo grande y grupo pequeño:

- Los grupos grandes son grupos de 45 a 60 estudiantes.
- Los grupos pequeños son grupos de 15 a 20 estudiantes.

#### Plataforma LMS (material de la asignatura, organización de los grupos de prácticas, convocatorias de exámenes y entregas a los profesores):

- Preferentemente se usará Swad (<https://swad.ugr.es/?CrsCod=5635>), si bien se tendrá en consideración el uso de otras plataformas alternativas como PRADO (<https://prado.ugr.es/>) en caso de ser necesario.

#### Herramienta para videoconferencias:

- Google Meet (<https://meet.google.com/>), con acceso desde las cuentas @go.ugr.es.

