

**Guía docente de la asignatura**

<b>Asignatura</b>	SISTEMAS DE TIEMPO REAL		
<b>Materia</b>	DOMINIOS ESPECÍFICOS DE APLICACIÓN		
<b>Módulo</b>	MATERIAS ESPECÍFICAS DE LA MENCIÓN EN TELEMÁTICA		
<b>Titulación</b>	GRADO EN INGENIERÍA TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Plan</b>	512	<b>Código</b>	46673
<b>Periodo de impartición</b>	2º CUATRIMESTRE	<b>Tipo/Carácter</b>	OPTATIVA DE LA MENCIÓN
<b>Nivel/Ciclo</b>	GRADO	<b>Curso</b>	4º
<b>Créditos ECTS</b>	6 ECTS		
<b>Lengua en que se imparte</b>	CASTELLANO		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	MARIO MARTINEZ ZARZUELA DAVID GONZÁLEZ ORTEGA		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	TELÉFONO: 98342300 ext. 5702, ext. 5552 E-MAIL: <a href="mailto:marmar@tel.uva.es">marmar@tel.uva.es</a> , <a href="mailto:davgon@tel.uva.es">davgon@tel.uva.es</a> DESPACHOS: 2D006, 2D022		
<b>Horario de tutorías</b>	Véase <a href="http://www.uva.es">www.uva.es</a> → Centros → Campus de Valladolid → Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación → Tutorías		
<b>Departamento</b>	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		

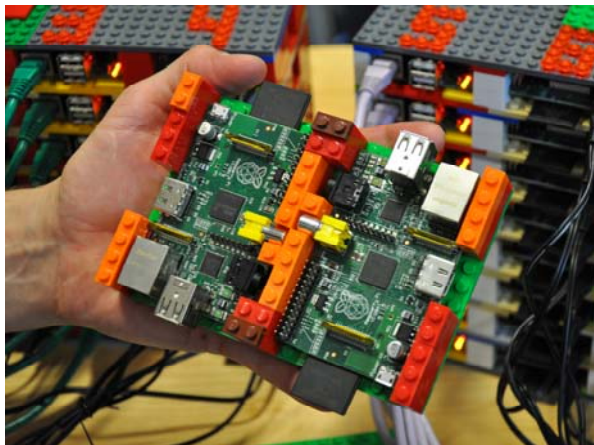
## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

### 1.1 Contextualización

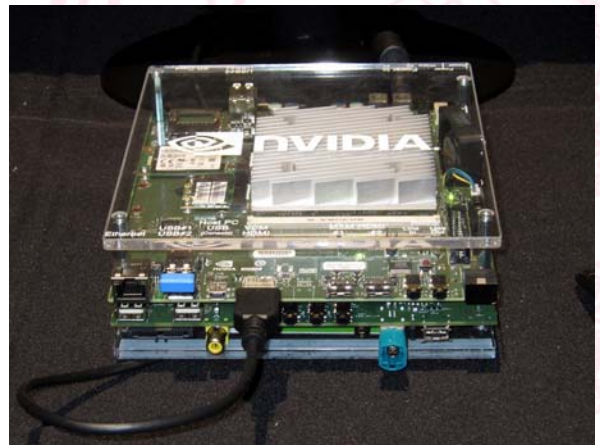
La inclusión de la disciplina de Sistemas de Tiempo Real (STR) en los nuevos planes de estudio viene motivada por el creciente interés de este tipo de sistemas para la formación de diferentes perfiles de Ingeniero, y en particular el Ingeniero de Telecomunicación. Los STR son aquellos sistemas en los que las restricciones del tiempo de respuesta son tan importantes como la corrección de la respuesta en sí misma. Generalmente, estos sistemas deben interactuar con los elementos físicos de su entorno y tienen aplicación en áreas como los sistemas empotrados, en sistemas de comunicación, en robótica y el control de procesos, entre otras.

Si bien, la materia abordar podría ser suficientemente amplia como para ocupar varias asignaturas, el objetivo es el de enmarcar bien la asignatura dentro de las expectativas del alumno que cursa el plan de estudios del Grado en Ingeniería de Tecnologías Específicas de Telecomunicación. Por este motivo, se resaltarán los aspectos más generales de la disciplina, para más tarde abordar con detenimiento aspectos informáticos de especial relevancia para su perfil, y que le permitirán conocer de forma práctica todas las herramientas necesarias para implementar un sistema de estas características.

Entre los aspectos a estudiar se profundiza en particular, la utilización de herramientas de programación UNIX/Linux que permiten crear STR multiplataforma o embebidos. **El alumno aprenderá a programar ordenadores Raspberry PI de bajo coste (Figura 1(a)) y aprenderá las bases del procesamiento en paralelo mediante CUDA sobre Unidades Gráficas de Procesamiento (GPUs), que prometen ser el futuro de la computación embebida (procesadores tipo Tegra para dispositivos móviles y en automóvil) (Figura 1(b)).**



(a) Sistema de Tiempo Real embebido construido con una Raspberry PI y piezas de LEGO



(b) Dispositivo embebido programable con GPU NVIDIA Tegra K1

Fig. 1 Hardware empleado en la asignatura

### 1.2 Relación con otras materias

Esta asignatura está relacionada con las materias y asignaturas siguientes del Grado en Ingeniería de Tecnologías Específicas de Telecomunicación:



- Materia Fundamentos de Ordenadores, perteneciente a las Materias Básicas de Telecomunicaciones.  
Asignatura relacionada: Fundamentos de Ordenadores y Sistemas Operativos
- Materia Programación, perteneciente a las Materias Instrumentales.  
Asignatura relacionada: Programación
- Materia Fundamentos de Protocolos, Redes y Servicios Telemático perteneciente a las Materias Básicas de Telecomunicaciones
- Materia de Fundamentos de Sistemas Software perteneciente a las Materias Básicas de Telecomunicaciones
- Materia Arquitecturas y Tecnologías para Aplicaciones Distribuidas, perteneciente a las Materias Específicas de la Mención en Telemática.  
Asignatura relacionada: Arquitectura de aplicaciones distribuidas

### 1.3 Prerrequisitos

---

- Conocimientos básicos de programación en C.
- Conocimientos básicos de Arquitectura de Ordenadores.
- Conocimientos básicos de Sistemas Operativos.
- Conocimientos básicos de Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios Telemáticos





## 2. Competencias

### 2.1 Generales

- GBE1. Capacidad para manejar especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
- GBE3. Capacidad para resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- GBE4. Capacidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar datos.
- GBE5. Capacidad para elaborar informes basados en el análisis crítico de la bibliografía técnica y de la realidad en el campo de su especialidad.
- GE2. Capacidad para trabajar en un grupo multidisciplinar y multilingüe, responsabilizándose de la dirección de actividades objeto de los proyectos del ámbito de su especialidad y consiguiendo resultados eficaces.
- GE3. Capacidad para desarrollar metodologías y destrezas de aprendizaje autónomo eficiente para la adaptación y actualización de nuevos conocimientos y avances científicos
- GC1. Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo.
- GC2. Capacidad para comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.
- GC3. Trabajar en cualquier contexto, individual o en grupo, de aprendizaje o profesional, local o internacional, desde el respeto a los derechos fundamentales, de igualdad de sexo, raza o religión y los principios de accesibilidad universal, así como la cultura de paz.
- 

### 2.2 Específicas

- T2. Capacidad de utilizar aplicaciones informáticas (ofimáticas, bases de datos, cálculo avanzado, gestión de proyectos, visualización, etc.) para apoyar el desarrollo y explotación de redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación y electrónica.
- T3. Capacidad para utilizar herramientas informáticas de búsqueda de recursos bibliográficos o de información relacionada con las telecomunicaciones y la electrónica.
- T12. Conocimiento y utilización de los conceptos de arquitectura de red, protocolos e interfaces de comunicaciones.
- T13. Capacidad de diferenciar los conceptos de redes de acceso y transporte, redes de conmutación de circuitos y de paquetes, redes fijas y móviles, así como los sistemas y aplicaciones de red distribuidos, servicios de voz, datos, audio, video y servicios interactivos y multimedia.
- TEL3. Capacidad de construir, explotar y gestionar servicios telemáticos, utilizando herramientas analíticas de planificación, de dimensionado y de análisis.
- TEL5. Capacidad de seguir el progreso tecnológico de transmisión, conmutación y proceso para mejorar las redes y servicios telemáticos.
- TEL7. Capacidad de programación de servicios y aplicaciones telemáticas, en red y distribuidas.





### 3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

1. Comprender la naturaleza específica de los sistemas de tiempo real.
2. Comprender los principios y las bases de las arquitecturas existentes de sistemas operativos y máquinas virtuales de tiempo real así como su clasificación y opciones de uso.
3. Conocer los requisitos de los lenguajes de programación para el diseño de sistemas de tiempo real.
4. Adaptar los principales mecanismos que poseen los lenguajes de programación para la implementación de servicios y aplicaciones de tiempo real.
5. Identificar, implementar y valorar la importancia de la concurrencia de procesos en sistemas de control software y afrontar la problemática derivada.
6. Conocer los modelos básicos de planificación de procesos y su aplicación a sistemas concretos de tiempo real.
7. Desarrollar programas para la gestión de sistemas de acceso y control de dispositivos con requerimientos temporales dados y uso de recursos comunes a través de interfaces interactivas.

### 4. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	0	Estudio y trabajo autónomo individual	20
Clases prácticas de aula (A)	15	Estudio y trabajo autónomo grupal	70
Laboratorios (L)	30		
Prácticas externas, clínicas o de campo	0		
Seminarios (S)	10		
Tutorías grupales (TG)	0		
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)	5		
<b>Total presencial</b>	<b>60</b>	<b>Total no presencial</b>	<b>90</b>



## 5. Bloques temáticos

### Bloque 1: Introducción general

Carga de trabajo en créditos ECTS: 0.8

#### a. Contextualización y justificación

Este bloque temático introduce y relaciona los contenidos que se estudiarán en los siguientes bloques temáticos, a fin de que el alumno adquiera una visión global de la asignatura ya en las primeras semanas. Con esta intención, se tratarán superficialmente los conceptos y aspectos tecnológicos de toda la asignatura, facilitando al alumno la tarea de asociar entre sí los distintos contenidos, como paso previo al estudio detallado de cada uno de ellos.

#### b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Comprender la naturaleza específica de los sistemas de tiempo real.
- Identificar distintos sistemas operativos y sus capacidades.
- Conocer los requisitos de los lenguajes de programación para el diseño de sistemas de tiempo real.
- Demostrar capacidades de búsqueda de información en cuanto a los componentes de un sistema de tiempo real.

#### c. Contenidos

##### TEMA 0: Presentación de la asignatura

- 0.1 Descripción de competencias y contenidos
- 0.2 Objetivos de aprendizaje
- 0.3 Herramientas disponibles
- 0.4 Sistema de evaluación

##### TEMA 1: Introducción a los sistemas de tiempo real

- 1.1 Conceptos básicos
- 1.2 Características de los STR
- 1.3 Terminología
- 1.4 Diseño de sistemas de tiempo real.
- 1.5 Sistemas operativos y lenguajes de programación para STR
- 1.6 Ejemplos de STR
- 1.7 Sistemas Operativos de tiempo real
- 1.8 Lenguajes de tiempo real

#### d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa
- Mapas conceptuales



- Estrategias de aprendizaje mediante la relación y jerarquización de conceptos. Se empleará para que los alumnos adquieran una visión global de los contenidos que se abordarán en la asignatura.
- Aprendizaje basado en juegos
  - Estrategia de aprendizaje competitivo en el que el alumno compite contra el tiempo y/o contra otros alumnos para conseguir una puntuación que depende de su conocimiento de la asignatura.

---

#### **e. Plan de trabajo**

Véase el Anexo I.

---

#### **f. Evaluación**

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas.
- Correcto desarrollo de mapas conceptuales.
- Prueba de test competitivo en plataforma Moodle.
  - Se utilizará un módulo desarrollado para la plataforma Moodle que propone un juego del tipo pregunta-respuesta. Se valorará la participación de los alumnos a la hora de proponer preguntas para el juego.

---

#### **g. Bibliografía básica**

- Burns, A., Wellings, A., Real-Time Systems and Programming Languages (4th Edition), Addison Wesley, 2009. ISBN: 978-0321417459.
- Jiménez García, L.M., Puerto Manchón, R., Reinoso García, O., Sistemas informáticos de tiempo real. Universidad Miguel Hernández, 2000. ISBN: 84-95315-51-3.

---

#### **h. Bibliografía complementaria**

- Welling, A., Concurrent and Real-Time Programming in Java, John Wiley & Sons, 2004. ISBN: 978-0470844373.
- Burns, A. y Wellings, A., Concurrent and Real-Time Programming in Ada (3rd Edition), Cambridge University Press, 2007. ISBN: 978-0521866972.
- Buhr, R.J.A., An Introduction to Real-Time Systems, Prentice Hall, 1998. ISBN: 978-0136060703.
- Tanenbaum, A. S., Sistemas operativos modernos, Prentice-Hall, 2009. ISBN: 978-6074420463.
- Stalling, W. Sistemas Operativos: Principios de diseño e interioridades (5ª Edición), Prentice Hall, 2006. ISBN: 978-8420544625.
- Dimitriadis Y. y Díaz Pernas F. J. Introducción práctica a la administración de sistemas en Internet. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Valladolid, 1998.

---

#### **i. Recursos necesarios**

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle.
- Documentación de apoyo.
- Laboratorio con sistemas operativos Windows y Linux.

**Bloque 2: Sistemas de tiempo real en Unix y Raspberry PI**

Carga de trabajo en créditos ECTS: 3.2

**a. Contextualización y justificación**

En este bloque temático se repasan todos los aspectos teóricos sobre el funcionamiento del Sistemas Operativos UNIX/Linux que el alumno debe conocer en profundidad como requisito previo a desarrollar un sistema de tiempo real. Así mismo, se introducen las llamadas al sistema y el estándar POSIX para el desarrollo de aplicaciones en tiempo real.

**b. Objetivos de aprendizaje**

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer los requisitos de los lenguajes de programación para el diseño de sistemas de tiempo real.
- Adaptar los principales mecanismos que poseen los lenguajes de programación para la implementación de servicios y aplicaciones de tiempo real.
- Identificar, implementar y valorar la importancia de la concurrencia de procesos en sistemas de control software y afrontar la problemática derivada.
- Conocer los modelos básicos de planificación de procesos y su aplicación a sistemas concretos de tiempo real.
- Desarrollar programas para la gestión de sistemas de acceso y control de dispositivos con requerimientos temporales dados y uso de recursos comunes a través de interfaces interactivas.
- Entender la necesidad de ciertas estrategias para la mejora del rendimiento de programas.

**c. Contenidos****TEMA 2: Procesos en Unix**

- 2.1 El interfaz estándar POSIX
- 2.2 Procesos: creación, comunicación y sincronización.
- 2.3 Funciones POSIX para procesos
- 2.4 Comunicación de procesos
- 2.5 Semáforos.
- 2.6 Funciones POSIX de sincronización

**TEMA 3: Introducción a Raspberry PI**

- 3.1 Instalación y preparación Raspberry PI
- 3.2 Introducción a la programación de procesos en Raspberry PI

**TEMA 4: Hilos y Raspberry PI**

- 4.1 Conceptos y aspectos generales
- 4.2 Diferencias entre procesos e hilos
- 4.3 Modelos de control de hilos
- 4.4 Funciones POSIX para hilos
- 4.5 Sincronización de hilos





## TEMA 5: Relojes y señales de tiempo real

- 5.1 Creación y manipulación de relojes
- 5.2 Temporizadores

### d. Métodos docentes

---

- Clase magistral participativa
- Prácticas en laboratorio
- Aprendizaje basado en proyectos
- Estudio del caso

### e. Plan de trabajo

---

Véase el Anexo I.

### f. Evaluación

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Capacidad para identificar los componentes fundamentales de un sistema tiempo real.
- Capacidad para desarrollar programas en C con funciones POSIX.
- Capacidad de planificación para la realización de un proyecto en grupo.
- Capacidad para evaluar el compromiso coste/rendimiento en la elección óptima de un sistema informático.

### g. Bibliografía básica

---

- Burns, A., Wellings, A., Real-Time Systems and Programming Languages (4th Edition), Addison Wesley, 2009. ISBN: 978-0321417459.
- Jiménez García, L.M., Puerto Manchón, R., Reinoso García, O., Sistemas informáticos de tiempo real. Universidad Miguel Hernández, 2000. ISBN: 84-95315-51-3.

### h. Bibliografía complementaria

---

- Welling, A., Concurrent and Real-Time Programming in Java, John Wiley & Sons, 2004. ISBN: 978-0470844373.
- Burns, A. y Wellings, A., Concurrent and Real-Time Programming in Ada (3rd Edition), Cambridge University Press, 2007. ISBN: 978-0521866972.
- Buhr, R.J.A., An Introduction to Real-Time Systems, Prentice Hall, 1998. ISBN: 978-0136060703.
- Tanenbaum, A. S., Sistemas operativos modernos, Prentice-Hall, 2009. ISBN: 978-6074420463.
- Kernighan, B.W., Pike, R., El entorno de programación Unix, Prentice Hall, 1995. ISBN: 978-9688800676.
- Stalling, W. Sistemas Operativos: Principios de diseño e interioridades (5ª Edición), Prentice Hall, 2006. ISBN: 978-8420544625.
- Carretero Pérez, J., García Carballeira, F., Pérez Costoya, F., Prácticas de sistemas operativos: de la base al diseño, McGraw-Hill, 2002. ISBN: 8448136624.
- Dimitriadis Y. y Díaz Pernas F. J. Introducción práctica a la administración de sistemas en Internet. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Valladolid, 1998.



### i. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle
- Documentación de apoyo.
- Laboratorio con sistemas operativos

## Bloque 3: Sistemas de Tiempo Real embebidos con Raspberry PI y GPUs

Carga de trabajo en créditos ECTS: 2.0

### a. Contextualización y justificación

En este bloque temático se profundiza en el diseño y características que debe cumplir un sistema de tiempo real. Durante las prácticas de laboratorio de este bloque se emplearán todos los conocimientos adquiridos en el bloque anterior de forma conjunta para desarrollar un verdadero sistema de tiempo real.

### b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer los requisitos de los lenguajes de programación para el diseño de sistemas de tiempo real.
- Adaptar los principales mecanismos que poseen los lenguajes de programación para la implementación de servicios y aplicaciones de tiempo real.
- Identificar, implementar y valorar la importancia de la concurrencia de procesos en sistemas de control software y afrontar la problemática derivada.
- Conocer los modelos básicos de planificación de procesos y su aplicación a sistemas concretos de tiempo real.
- Desarrollar programas para la gestión de sistemas de acceso y control de dispositivos con requerimientos temporales dados y uso de recursos comunes a través de interfaces interactivas.
- Entender la necesidad de ciertas estrategias para la mejora del rendimiento de programas.

### c. Contenidos

#### TEMA 6: Procesamiento paralelo en GPU

- 6.1 Introducción a la programación en CUDA
- 6.2 Programación avanzada en CUDA

#### TEMA 7:

- 7.1 Instalación y preparación Jetson TK1
- 7.2 Programación de GPU TK1

### d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa
- Prácticas en laboratorio
- Aprendizaje basado en proyectos



- Estudio del caso

---

#### **e. Plan de trabajo**

Véase el Anexo I.

---

#### **f. Evaluación**

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Capacidad para identificar los componentes fundamentales de un sistema tiempo real.
- Capacidad para desarrollar programas en C con funciones POSIX.
- Capacidad de planificación para la realización de un proyecto en grupo.
- Capacidad para evaluar el compromiso coste/rendimiento en la elección óptima de un sistema informático.

---

#### **g. Bibliografía básica**

- Burns, A., Wellings, A., Real-Time Systems and Programming Languages (4th Edition), Addison Wesley, 2009. ISBN: 978-0321417459.
- Jiménez García, L.M., Puerto Manchón, R., Reinoso García, O., Sistemas informáticos de tiempo real. Universidad Miguel Hernández, 2000. ISBN: 84-95315-51-3.

---

#### **h. Bibliografía complementaria**

- Welling, A., Concurrent and Real-Time Programming in Java, John Wiley & Sons, 2004. ISBN: 978-0470844373.
- Burns, A. y Wellings, A., Concurrent and Real-Time Programming in Ada (3rd Edition), Cambridge University Press, 2007. ISBN: 978-0521866972.
- Buhr, R.J.A., An Introduction to Real-Time Systems, Prentice Hall, 1998. ISBN: 978-0136060703.
- Tanenbaum, A. S., Sistemas operativos modernos, Prentice-Hall, 2009. ISBN: 978-6074420463.
- Kernighan, B.W., Pike, R., El entorno de programación Unix, Prentice Hall, 1995. ISBN: 978-9688800676.
- Stalling, W. Sistemas Operativos: Principios de diseño e interioridades (5ª Edición), Prentice Hall, 2006. ISBN: 978-8420544625.
- Carretero Pérez, J., García Carballeira, F., Pérez Costoya, F., Prácticas de sistemas operativos: de la base al diseño, McGraw-Hill, 2002. ISBN: 8448136624.
- Dimitriadis Y. y Díaz Pernas F. J. Introducción práctica a la administración de sistemas en Internet. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Valladolid, 1998.

---

#### **i. Recursos necesarios**

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle
- Documentación de apoyo.
- Laboratorio con sistemas operativos Windows y Linux.

**6. Temporalización (por bloques temáticos)**

BLOQUE TEMÁTICO	CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
Bloque 1. Introducción general	0.8 ECTS	Semanas 1 y 2 (9 feb. – 20 feb.)
Bloque 2. Sistemas de tiempo real en Unix	3.2 ECTS	Semanas 3 a 10 (23 feb. – 24 abr.)
Bloque 3. Sistemas de Tiempo Real embebidos con Raspberry PI y GPUs	2.0 ECTS	Semanas 11 a 15 (27 abr. – 30 may.)

**7. Sistema de calificaciones – Tabla resumen**

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Pruebas objetivas sobre funcionamiento de los desarrollos realizados en las prácticas del laboratorio de forma grupal e individual.	50%	Con la entrega de cada enunciado se informará al alumno de cada uno de los aspectos susceptibles de ser evaluados y los criterios a emplear.
Entrega y exposición de trabajos sobre estudio del caso y sobre proyectos.	30%	Valoración de la presentación grupal realizada. Evaluación de la calidad del trabajo y las aptitudes transversales del alumno.
Actitud y participación.	20%	Valoración actitud en el laboratorio y participación activa en las clases y el campus virtual.

En el caso de la convocatoria extraordinaria:

- La calificación se obtendrá mediante la realización de un examen escrito de conocimientos que ponderará un 100% de la nota final.

**8. Consideraciones finales**

- El número máximo de alumnos que podrán cursar la presente asignatura es de 30
- El Anexo I mencionado en la guía, donde se describe la planificación detallada, se entregará al comienzo de la asignatura.