



| Guía docente                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                    |                      |           |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------|-----------|
| Datos Identificativos                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                    |                      | 2021/22   |
| Asignatura (*)                                   | Arquitectura de Altas Prestaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                    | Código               | 614473101 |
| Titulación                                       | Mestrado Universitario en Computación de Altas Prestacións / High Performance Computing (Mod. Presencial)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                    |                      |           |
| Descriptoros                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                    |                      |           |
| Ciclo                                            | Periodo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Curso              | Tipo                 | Créditos  |
| Máster Oficial                                   | 1º cuatrimestre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Primero            | Obligatoria          | 6         |
| Idioma                                           | CastellanoInglés                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                    |                      |           |
| Modalidad docente                                | Híbrida                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                    |                      |           |
| Prerrequisitos                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                    |                      |           |
| Departamento                                     | Departamento profesorado másterEnxeñaría de Computadores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                    |                      |           |
| Coordinador/a                                    | Andrade Canosa, Diego                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Correo electrónico | diego.andrade@udc.es |           |
| Profesorado                                      | Andrade Canosa, Diego                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Correo electrónico | diego.andrade@udc.es |           |
|                                                  | Touriño Dominguez, Juan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                    | juan.tourino@udc.es  |           |
| Web                                              | aula.cesga.es                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                    |                      |           |
| Descripción general                              | Mediante esta materia se pretende completar los conocimientos sobre arquitecturas de altas prestaciones, para ello se tratan las arquitecturas paralelas modernas tanto desde el punto de vista funcional como de diseño. Estos conocimientos facilitarán al alumno el desarrollo de algoritmos paralelos correctos y eficientes en base a las características arquitectónicas de los sistemas utilizados. Las materias relacionadas con la programación se van a ver, por tanto, claramente beneficiadas. |                    |                      |           |
| Plan de contingencia                             | 1. Modificaciones en los contenidos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                    |                      |           |
|                                                  | Ninguna                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                    |                      |           |
|                                                  | 2. Metodologías                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                    |                      |           |
|                                                  | *Metodologías docentes que se mantienen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                    |                      |           |
|                                                  | Todas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                    |                      |           |
|                                                  | *Metodologías docentes que se modifican                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                    |                      |           |
|                                                  | 3. Mecanismos de atención personalizada al alumnado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                    |                      |           |
|                                                  | A través de teams                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |                      |           |
|                                                  | 4. Modificacines en la evaluación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |                      |           |
|                                                  | La evaluación ya es compatible con la docencia no presencial.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                    |                      |           |
| *Observaciones de evaluación:                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                    |                      |           |
| 5. Modificaciones de la bibliografía o webgrafía |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                    |                      |           |

| Competencias del título |                                                                                                                   |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código                  | Competencias del título                                                                                           |
| A1                      | CE1 - Definir, evaluar y seleccionar la arquitectura y el software más adecuado para la resolución de un problema |
| A2                      | CE2 - Analizar y mejorar el rendimiento de una arquitectura o un software dado                                    |
| A3                      | CE3 - Conocer los conceptos y las técnicas básicas de la computación de altas prestaciones                        |



|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A4  | CE4 - Profundizar en el conocimiento de herramientas de programación y diferentes lenguajes en el campo de la computación de altas prestaciones                                                                                                                                                                |
| A8  | CE8 - Ser capaz de aplicar los conocimientos, capacidades y aptitudes adquiridas a la realidad empresarial y profesional, planificando, gestionando y evaluando proyectos en el campo de la computación de altas prestaciones.                                                                                 |
| B1  | CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación                                                                                                                                |
| B2  | CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio                                                                  |
| B3  | CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios |
| B4  | CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades                                                                                                           |
| B5  | CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.                                                                                                                                     |
| B6  | CG1 - Ser capaz de buscar y seleccionar la información útil necesaria para resolver problemas complejos, manejando con soltura las fuentes bibliográficas del campo                                                                                                                                            |
| B7  | CG2 - Elaborar adecuadamente y con cierta originalidad composiciones escritas o argumentos motivados, redactar planes, proyectos de trabajo, artículos científicos y formular hipótesis razonables.                                                                                                            |
| B9  | CG4 - Ser capaz de planificar y realizar tareas de investigación, desarrollo e innovación en ámbitos relacionados con la computación de altas prestaciones                                                                                                                                                     |
| B10 | CG5 - Ser capaz de trabajar en equipo, especialmente de carácter multidisciplinar, y ser hábiles en la gestión del tiempo, personas y toma de decisiones.                                                                                                                                                      |
| C1  | CT1 - Utilizar las herramientas básicas de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) necesarias para el ejercicio de su profesión y para el aprendizaje a lo largo de su vida                                                                                                               |

| Resultados de aprendizaje                                                                                                                                           |                         |                                  |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----|
| Resultados de aprendizaje                                                                                                                                           | Competencias del título |                                  |     |
| El alumno conocerá los distintos tipos de arquitecturas paralelas y su clasificación.                                                                               | AP1<br>AP3              | BP1<br>BP5                       | CP1 |
| El alumno conocerá los conceptos básicos de organización y diseño de una arquitectura paralela tanto a nivel de microarquitectura como de sistemas multiprocesador. | AP2<br>AP8              | BP2<br>BP4<br>BP6                |     |
| El alumno conocerá los principios de diseño y los principales componentes de un sistema multiprocesador.                                                            | AP2<br>AP3<br>AP8       | BP1<br>BP3<br>BP7<br>BP9<br>BP10 | CP1 |
| El alumno aprenderá a analizar las prestaciones de una arquitectura paralela.                                                                                       | AP2<br>AP4<br>AP8       | BP4<br>BP7<br>BP9                | CP1 |

| Contenidos                     |                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tema                           | Subtema                                                                                                                                                                                             |
| Tema 1. Computadores paralelos | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Breve Introducción Histórica</li> <li>- Niveles de paralelismo: desde la microarquitectura hasta los supercomputadores</li> <li>- Clasificación</li> </ul> |



|                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tema 2. Diseño de multiprocesadores, multinúcleo y many-core          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introducción</li> <li>- Características arquitectónicas de los sistemas multiprocesador, multinúcleo y many-core</li> <li>- Organización del sistema de memoria</li> </ul>                                                                                                                                                                                                               |
| Tema 3. Coherencia de la caché                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Protocolos de coherencia caché</li> <li>- Protocolos de snooping (arquitecturas UMA)</li> <li>- Protocolos basados en directorios (arquitecturas CC-NUMA)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                     |
| Tema 4. Sincronización y consistencia de memoria en multiprocesadores | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Primitivas de sincronización</li> <li>- Soporte hardware para sincronización</li> <li>- Implementaciones software de sincronización</li> <li>- Modelos de consistencia de memoria</li> <li>- Comparación entre los modelos de consistencia</li> </ul>                                                                                                                                    |
| Tema 5. Redes de interconexión                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipos de redes</li> <li>- Componentes básicos de una red: links, encaminadores e - interfaces de red</li> <li>- Parámetros de rendimiento</li> <li>- Espacio de diseño en redes de interconexión: Clasificación, topología, técnicas de conmutación, algoritmos de encaminamiento, control de flujo, bloqueos</li> <li>- Validación de prestaciones en redes de interconexión</li> </ul> |
| Tema 6. Sistemas distribuidos: clústers                               | <p>Introducción a las arquitecturas clúster</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Arquitectura de un cluster</li> <li>- Nodos</li> <li>- Redes de interconexión</li> <li>- Software</li> <li>- Paquetes de herramientas</li> <li>- Aplicaciones de las arquitecturas clúster: Alta productividad, alto rendimiento y alta disponibilidad</li> <li>- Planificación y balanceo da carga</li> </ul>                           |
| Tema 7. Introducción al análisis de rendimiento.                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis de rendimiento: motivación.</li> <li>- Conceptos básicos sobre el análisis del rendimiento.</li> <li>- Caracterización y detección de problemas de rendimiento.</li> <li>- Aspectos arquitectónicos que influyen en el rendimiento.</li> </ul>                                                                                                                                  |

| Planificación                                                                                                                     |                    |                    |                                          |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|------------------------------------------|---------------|
| Metodologías / pruebas                                                                                                            | Competencias       | Horas presenciales | Horas no presenciales / trabajo autónomo | Horas totales |
| Sesión magistral                                                                                                                  | A1 A3 B1 B5        | 22                 | 0                                        | 22            |
| Prácticas de laboratorio                                                                                                          | A2 A4 B2 B6 B10 C1 | 24                 | 24                                       | 48            |
| Trabajos tutelados                                                                                                                | A8 B3 B4 B7 B9     | 0                  | 72                                       | 72            |
| Prueba mixta                                                                                                                      | B4 B7              | 2                  | 0                                        | 2             |
| Atención personalizada                                                                                                            |                    | 6                  | 0                                        | 6             |
| (*)Los datos que aparecen en la tabla de planificación són de carácter orientativo, considerando la heterogeneidad de los alumnos |                    |                    |                                          |               |

| Metodologías             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Metodologías             | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Sesión magistral         | Exposición oral por parte del profesor con ayuda de material editado electrónicamente, acompañada por preguntas dirigidas a los estudiantes con el fin de afianzar los conocimientos y mejorar el aprendizaje. Puede haber debates sobre algunos puntos específicos de los contenidos de la materia. |
| Prácticas de laboratorio | Se realizarán trabajos prácticos en el laboratorio, bien mediante resolución de problemas o bien a nivel de programación, para apoyar los contenidos vistos en la sesión magistral.                                                                                                                  |



|                    |                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Trabajos tutelados | Los estudiantes elaborarán en grupo o individualmente trabajos dirigidos sobre una temática específica de la materia. En algunos casos se podría solicitar una exposición en clase de estos trabajos ante el resto de compañeros. |
| Prueba mixta       | El profesor puede dedicar un tiempo a preguntar a los estudiantes sobre sus prácticas y trabajos tutelados para complementar la evaluación.                                                                                       |

| Atención personalizada                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Metodologías                                   | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Prácticas de laboratorio<br>Trabajos tutelados | <p>Prácticas de laboratorio:<br/>Análisis con el estudiante del trabajo práctico en el laboratorio, y defensa de su práctica una vez ha terminado.</p> <p>Trabajos tutelados:<br/>Guía del estudiante para la realización del trabajo tutelado asignado, verificando periódicamente que se están cumpliendo los objetivos planificados.</p> |

| Evaluación               |                    |                                                                                                                                                                                                                           |              |
|--------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Metodologías             | Competencias       | Descripción                                                                                                                                                                                                               | Calificación |
| Prácticas de laboratorio | A2 A4 B2 B6 B10 C1 | Valórase o correcto funcionamento, a estruturación do código, e aa comprensión dos conceptos traballados. Tamén valoración a participación activa do estudante durante as sesións de prácticas.                           | 39           |
| Trabajos tutelados       | A8 B3 B4 B7 B9     | No caso de desenvolvemento de código, valoranse os mesmos aspectos que nas prácticas. No caso de traballos escritos, valorase a capacidade de comprensión e síntesis sobre o tema proposto, e a calidade da presentación. | 59           |
| Prueba mixta             | B4 B7              | Tanto no caso das prácticas como dos traballos tutelados o profesor pode facer preguntas concretas aos estudantes que poden complementar a avaliación.                                                                    | 2            |

| Observaciones evaluación |
|--------------------------|
|--------------------------|



Consiste en una evaluación continua basada en la realización de trabajos

académicamente dirigidos (60%) y prácticas junto con el seguimiento de la participación activa durante las clases (40%).

Evaluación de la convocatoria ordinaria (Enero): Se realizará según la

evaluación continua detallada mas arriba. No habrá examen de la

asignatura. Evaluación de la convocatoria extraordinaria (Julio):

Para superar la evaluación continua será necesario entregar los

trabajos académicamente dirigidos y prácticas que se hayan suspendido

durante la convocatoria ordinaria. No habrá examen. NO PRESENTADO Se considerará no presentado al alumno que no tenga entregado ningún

trabajos tutelado o prácticas. Durante

los procesos de evaluación los profesores pueden solicitar a los

estudiantes que se identifiquen pidiendo la presentación del DNI o

pasaporte, o haciendo los controles previos o posteriores que consideren

oportunos. A aquellos alumnos que presenten trabajos o realicen pruebas

de evaluación de forma no presencial, se les podrá solicitar también la

firma digital de los mismos y/o una declaración jurada sobre la autoría

de los mismos.

#### \* Alumnos

matriculados a tiempo parcial: Se dotará de flexibilidad horaria a los alumnos

matriculados a tiempo parcial para la realización de las prácticas/trabajos de

la asignatura usando para ello las horas de tutorías de los profesores.

#### Fuentes de información

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Básica</b> | Dado que se tratan de reflectir non soamente os fundamentos da arquitectura de supercomputadores senón tamén os avances máis recentes, moita da información bibliográfica consultarase en artigos publicados en revista e dispoñibles online e noutras fontes de consulta dispoñibles online. A bibliografía básica necesaria para seguir cada parte da materia a irá indicando o profesor durante as clases. Bibliografía básica. Os libros polos que se segue máis directamente partes da materia son: 1. Arquitectura de Computadores, Xullo Ortega, Mancia Anguita e Alberto Prieto. Thompson. 2005. 2. High Performance Cluster Computing, Rajkumar Buyya, ed., Prentice Hall PTR, 1999. ISBN 0-13-013784-7, 0-13-013785-5. |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Complementaria</b> | Bibliografía complementaria. Os seguintes son libros que permiten consultar máis en profundidade algúns contidos:1. Parallel Computer Architecture, David E. Culler, Jaswinder Pal Singh e Anoop Gupta. Morgan Kaufmann Publishers. 1999.2. In Search of Clusters, 2ª ed., Gregory Pfister, Prentice Hall, 1998, ISBN: 0138997090.3. Organización e Arquitectura de Computadores (7ª edición), W. Stallings. Prentice Hall. 2007.4. Computer Architecture: a Quantitative Approach (6ª edición), John L. Hennessy e David A. Patterson. Morgan Kaufmann Publishers. 2017. |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Recomendaciones

### Asignaturas que se recomienda haber cursado previamente

### Asignaturas que se recomienda cursar simultáneamente

Programación Paralela/614473102

### Asignaturas que continúan el temario

Programación de Arquitecturas Heterogéneas/614473103

HPC en la Nube/614473106

Programación Paralela Avanzada/614473107

### Otros comentarios

(\*) La Guía Docente es el documento donde se visualiza la propuesta académica de la UDC. Este documento es público y no se puede modificar, salvo cosas excepcionales bajo la revisión del órgano competente de acuerdo a la normativa vigente que establece el proceso de elaboración de guías