



## Guía docente

| Guía docente          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                    |                      |           |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------|-----------|
| Datos Identificativos |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                    |                      | 2023/24   |
| Asignatura (*)        | Herramientas para HPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                    | Código               | 614473105 |
| Titulación            | Mestrado Universitario en Computación de Altas Prestacións / High Performance Computing (Mod. Presencial)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                    |                      |           |
| Descriptor            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                    |                      |           |
| Ciclo                 | Periodo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Curso              | Tipo                 | Créditos  |
| Máster Oficial        | 1º cuatrimestre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Primero            | Optativa             | 6         |
| Idioma                | Inglés                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                    |                      |           |
| Modalidad docente     | Híbrida                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                    |                      |           |
| Prerrequisitos        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                    |                      |           |
| Departamento          | Enxeñaría de Computadores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                    |                      |           |
| Coordinador/a         | Padron Gonzalez, Emilio Jose                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Correo electrónico | emilio.padron@udc.es |           |
| Profesorado           | Andrade Canosa, Diego                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Correo electrónico | diego.andrade@udc.es |           |
|                       | Padron Gonzalez, Emilio Jose                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    | emilio.padron@udc.es |           |
| Web                   | aula.cesga.es                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                    |                      |           |
| Descripción general   | <p>El objetivo de esta asignatura es que el alumnado se familiarice con los tipos de aplicaciones más comunes que son susceptibles de requerir el uso de HPC, así como que conozcan las herramientas e implementaciones existentes para cada una de ellas, entendiendo además los retos que hay que abordar para su paralelización y mejora del rendimiento. Esto permitirá al estudiante adquirir un conocimiento general del mundo HPC y de sus diferentes aplicaciones.</p> <p>Además, el alumno aprenderá qué herramientas tiene a su disposición para la caracterización del rendimiento en entornos HPC, y cómo se pueden utilizar estas para abordar el proceso de paralelización y mejora del rendimiento de una aplicación en una determinada plataforma. Esto permitirá al estudiante ser capaz de analizar el rendimiento esperable de esa aplicación en ese sistema, identificando además los puntos calientes sobre los que centrar sus esfuerzos de optimización.</p> <p>Finalmente, el alumnado aprenderá qué alternativas tecnológicas existen para desplegar una aplicación HPC de forma rápida y eficiente. Esto permitirá al alumno ser capaz de distribuir aplicaciones HPC de forma sencilla y eficaz en distintos entornos.</p> |                    |                      |           |

## 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                                                                                                                                                                |
| A5     | CE5 - Analizar, diseñar e implementar algoritmos y aplicaciones paralelas eficientes                                                                                                                                                                                                                           |
| 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                                                                                                                                |
| 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                                                                                                           |
| B6     | CG1 - Ser capaz de buscar y seleccionar la información útil necesaria para resolver problemas complejos, manejando con soltura las fuentes bibliográficas del campo                                                                                                                                            |
| B8     | CG3 - Ser capaz de mantener y extender planteamientos teóricos fundados para permitir la introducción y explotación de tecnologías nuevas y avanzadas en el campo                                                                                                                                              |



|    |                                                                                                                                                                                                  |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| B9 | CG4 - Ser capaz de planificar y realizar tareas de investigación, desarrollo e innovación en ámbitos relacionados con la computación de altas prestaciones                                       |
| 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 |
| C4 | CT4 - Valorar la importancia que tiene la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico en el avance socioeconómico y cultural de la sociedad                                         |

| Resultados de aprendizaje                                                                                           |  |                         |                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------|--------------------------|
| Resultados de aprendizaje                                                                                           |  | Competencias del título |                          |
| El alumnado conocerá los principales tipos de aplicaciones existentes en los que se suelen aplicar técnicas de HPC. |  | AP1<br>AP2              | BP1<br>BP6<br>CP1        |
| El alumnado aprenderá a utilizar herramientas para caracterizar y representar el rendimiento de una aplicación.     |  | AP3<br>AP4              | BP3<br>BP9<br>CP4        |
| El alumnado aprenderá a usar herramientas para la compilación, generación y despliegue de software en entornos HPC. |  | AP3<br>AP5              | BP1<br>BP4<br>BP8<br>CP1 |

| Contenidos                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tema                                                                                          | Subtema                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Estudio de los principales tipos de aplicaciones en entornos HPC                              | Para cada tipo se mostrará:<br>1. Descripción formal del problema.<br>2. Retos para su paralelización y mejora del rendimiento.<br>3. Soluciones existentes.                                                                                                                                                                                                               |
| Herramientas para la compilación y optimización de software en entornos HPC                   | 1. Proceso de compilación, optimización y generación de código en un compilador.<br>2. Optimización de código a través del compilador.<br>3. Paralelización y vectorización automáticas.<br>4. Herramientas para la automatización de la construcción del software.                                                                                                        |
| Herramientas para la caracterización y representación del rendimiento de las aplicaciones HPC | 1. Uso de herramientas para la caracterización del rendimiento de las aplicaciones, tales como monitores software o contadores hardware.<br>2. Detección de puntos calientes sobre los que incidir en el proceso de optimización.<br>3. Aplicación de modelos del rendimiento a este proceso.<br>4. Herramientas para la representación del rendimiento de una aplicación. |
| Herramientas para el despliegue de aplicaciones de IA en entornos HPC                         | 1. Entrenamiento y despliegue de modelos de Aprendizaje Profundo en entornos HPC.<br>2. Uso de contadores para facilitar el despliegue de aplicaciones HPC.                                                                                                                                                                                                                |

| Planificación                                                                                                                     |                |                    |                                          |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------|------------------------------------------|---------------|
| Metodologías / pruebas                                                                                                            | Competencias   | Horas presenciales | Horas no presenciales / trabajo autónomo | Horas totales |
| Sesión magistral                                                                                                                  | A3 B1 C4       | 23                 | 0                                        | 23            |
| Prácticas de laboratorio                                                                                                          | A1 A2 A4 A5 C1 | 18                 | 52                                       | 70            |
| Trabajos tutelados                                                                                                                | B3 B4 B6 B8 B9 | 0                  | 54                                       | 54            |
| Prueba mixta                                                                                                                      | B4 B6          | 2                  | 0                                        | 2             |
| Atención personalizada                                                                                                            |                | 1                  | 0                                        | 1             |
| (*)Los datos que aparecen en la tabla de planificación són de carácter orientativo, considerando la heterogeneidad de los alumnos |                |                    |                                          |               |

| Metodologías |             |
|--------------|-------------|
| Metodologías | Descripción |



|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sesión magistral         | Clases teóricas, en las que se expone el contenido de cada tema. El alumnado dispondrá de todo el material necesario antes de la clase y el equipo docente promoverá una actitud activa, realizando preguntas que permitan aclarar aspectos concretos y dejando cuestiones abiertas para la reflexión del/la estudiante. |
| Prácticas de laboratorio | Clases prácticas en el laboratorio, en las que se realizan tareas dirigidas que permitan al alumnado familiarizarse desde un punto de vista práctico con los contenidos expuestos en las clases teóricas.                                                                                                                |
| Trabajos tutelados       | Realización de trabajos, en los que el alumnado tiene que emplear los conocimientos adquiridos para resolver distintos problemas de forma autónoma.                                                                                                                                                                      |
| Prueba mixta             | Prueba escrita en la que cada estudiante tiene que mostrar que ha adquirido las competencias propias de la asignatura a través de la respuesta a preguntas teóricas y de la resolución de problemas.                                                                                                                     |

| Atención personalizada                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Metodologías                                   | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Prácticas de laboratorio<br>Trabajos tutelados | La atención personalizada estará garantizada en la realización de las prácticas de laboratorio y de los trabajos tutelados, siendo imprescindible para dirigir al alumnado en el desarrollo de su trabajo. Esta atención personalizada sirve, además, para validar y evaluar el trabajo realizado por cada estudiante en las distintas fases del desarrollo, hasta su finalización.<br><br>Por otra parte, se recomienda al alumnado el aprovechamiento de las horas de tutoría individual como ayuda complementaria. |

| Evaluación         |                |                                                                                                                                                                                                |              |
|--------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Metodologías       | Competencias   | Descripción                                                                                                                                                                                    | Calificación |
| Prueba mixta       | B4 B6          | Prueba escrita en la que cada estudiante tiene que mostrar que ha adquirido las competencias propias de la asignatura mediante la respuesta a preguntas teóricas y la resolución de problemas. | 30           |
| Trabajos tutelados | B3 B4 B6 B8 B9 | Realización de trabajos, en los que cada estudiante tiene que emplear los conocimientos adquiridos para resolver distintos problemas de forma autónoma.                                        | 70           |

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

| Fuentes de información |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Básica                 | [1] Computer Architecture: A Quantitative Approach (5th or 6th Ed.). John L. Hennessy, David A. Patterson. Morgan Kaufmann. ISBN 978-0123838728 (5th Ed. 2011) 978-0128119051 (6th Ed. 2017)[2] Performance Tuning of Scientific Applications. David H. Bailey, Robert F. Lucas, Samuel Williams. CRC Press. ISBN 978-1439815694[1] Computer Architecture: A Quantitative Approach (5th or 6th Ed.). John L. Hennessy, David A. Patterson. Morgan Kaufmann. ISBN 978-0123838728 (5th Ed. 2011) 978-0128119051 (6th Ed. 2017)[2] Performance Tuning of Scientific Applications. David H. Bailey, Robert F. Lucas, Samuel Williams. CRC Press. ISBN 978-1439815694                                                                                                                                                 |
| Complementaria         | [3] Intel® C++ Compiler Developer Guide and Reference <a href="https://software.intel.com/cpp-compiler-developer-guide-and-reference">https://software.intel.com/cpp-compiler-developer-guide-and-reference</a> [4] A Guide to Vectorization with Intel® C++ Compilers <a href="https://software.intel.com/sites/default/files/m/4/8/8/2/a/31848-CompilerAutovectorizationGuide.pdf">https://software.intel.com/sites/default/files/m/4/8/8/2/a/31848-CompilerAutovectorizationGuide.pdf</a> [5] Intel® VTune? Amplifier Help <a href="https://software.intel.com/en-us/vtune-amplifier-help">https://software.intel.com/en-us/vtune-amplifier-help</a> [6] Free Software Foundation, Inc.: Using the GNU Compiler Collection (GCC). <a href="https://gcc.gnu.org/onlinedocs">https://gcc.gnu.org/onlinedocs</a> |

| Recomendaciones                                         |
|---------------------------------------------------------|
| Asignaturas que se recomienda haber cursado previamente |
| Programación Paralela/614473102                         |
| Asignaturas que se recomienda cursar simultáneamente    |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Asignaturas que continúan el temario                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Otros comentarios                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>Debido a la fuerte interrelación entre la parte teórica y la parte práctica, y á la progresividad en la presentación de conceptos muy relacionados entre si en la parte teórica, es recomendable dedicar un tiempo de estudio o un repaso diario. En esta materia se hará un uso intensivo de herramientas de comunicación en línea: videoconferencia, correo-e, chat, etc. Según se recoge en las distintas normativas de aplicación para la docencia universitaria, esta materia incorpora la perspectiva de género (lenguaje no sexista, fomento de la intervención en clase de alumnos y alumnas...). Se trabajará para identificar y modificar prejuicios y actitudes sexistas, racistas o xenófobas y se propondrán acciones y medidas para corregirlas.</p> |

(\*) 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