



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Informáticos

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

105000457 - Computación Paralela, Multiprocesadores, Hpc Y Gpu

PLAN DE ESTUDIOS

10II - Grado En Ingeniería Informática

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	12
9. Otra información.....	13

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	105000457 - Computación Paralela, Multiprocesadores, Hpc y Gpu
No de créditos	6 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Cuarto curso
Semestre	Séptimo semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	10II - Grado en Ingeniería Informática
Centro responsable de la titulación	10 - E.T.S. De Ingenieros Informáticos
Curso académico	2025-26

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Jose Luis Pedraza Dominguez		joseluis.pedraza@upm.es	Sin horario.
Francisco Naveros Arrabal		francisco.naveros@upm.es	Sin horario.
Santiago Rodriguez De La Fuente		santiago.rodriguez@upm.es	Sin horario.

Antonio Garcia Dopico (Coordinador/a)		antonio.garcia.dopico@upm. es	--
Maria Isabel Garcia Clemente		mariaisabel.garcia@upm.es	Sin horario.

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Arquitectura De Computadores
- Programacion Para Sistemas
- Programación li

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Conocimientos básicos de concurrencia
- Poseer destrezas fundamentales de programación

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CG-1/21 - Capacidad de resolución de problemas aplicando conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.

CG-19 - Capacidad de usar las tecnologías de la información y la comunicación.

CG-2/CE45 - Capacidad para el aprendizaje autónomo y la actualización de conocimientos, y reconocimiento de su necesidad en el área de la informática.

CG-6 - Capacidad de abstracción, análisis y síntesis

Ce 12/16 - Conocer los campos de aplicación de la informática, y tener una apreciación de la necesidad de poseer unos conocimientos técnicos profundos en ciertas áreas de aplicación; apreciación del grado de esta necesidad

en, por lo menos, una situación.

Ce 13/18 - Comprender lo que pueden y no pueden conseguir las tecnologías actuales, y las limitaciones de la informática, que implica distinguir entre lo que, inherentemente, la informática no es capaz de hacer y lo que puede lograrse a través de la ciencia y la tecnología futuras.

Ce 14/15 - Conocer el software, el hardware y las aplicaciones existentes en el mercado, así como el uso de sus elementos, y capacidad para familiarizarse con nuevas aplicaciones informáticas.

Ce 17 - Conocer los temas informáticos avanzados de modo que permita a los alumnos vislumbrar y entender las fronteras de la disciplina, por medio de la inclusión de experiencias de aprendizaje que dirigen a los alumnos desde los temas elementales a los temas avanzados o los temas de los que se nutren los novísimos desarrollos.

Ce 19/20 - Conocimiento de los tipos apropiados de soluciones, y comprensión de la complejidad de los problemas informáticos y la viabilidad de su solución.

Ce 44 - Conocimiento de tecnologías punteras relevantes y su aplicación.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA276 - Dado un campo de aplicación de la informática, evaluar y diseñar el sistema informático más apropiado para resolver alguno de sus problemas, exponiendo las dificultades técnicas y los límites de la aplicación.

RA278 - Desarrollar la solución matemática y algorítmica más apropiada a un problema informático que requiera un tratamiento especialmente complejo, analizando y exponiendo su viabilidad.

RA279 - Explicar cuáles son los límites y fronteras de los fundamentos científicos de la informática, y la base de las nuevas tendencias y desarrollos y de los temas avanzados y su posible aplicación. Tanto para el Prácticum como para la Movilidad Internacional:

RA277 - Dado un problema real elegir la tecnología informática existente en el mercado más apropiada para su solución y diseñar su desarrollo e integración, analizando la viabilidad de su solución, lo que se puede y no se puede conseguir a través del estado actual de desarrollo de la tecnología usada, y lo que se espera que avance en el futuro.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

Este curso pretende servir de introducción al mundo de la computación de altas prestaciones o HPC (High Performance Computing). Para ello muestra los principales logros tecnológicos en el mundo hardware (paralelismo interno, multiprocesadores y multicores, procesadores gráficos y vectoriales, etc.) y software, haciendo particular hincapié en el desarrollo de casos prácticos en diferentes estándares de programación paralela: MPI y OpenMP. Asimismo, explica el uso de la vectorización para obtener mejores prestaciones e introduce el profiling de aplicaciones científicas, mediante el uso de la herramienta valgrind. Por último se introduce el uso de las tarjetas gráficas (GPU) como coprocesadores para acelerar aplicaciones intensivas en cómputo

5.2. Temario de la asignatura

1. Sistemas para computación de alto rendimiento
 - 1.1. Necesidades de cómputo. Exascale. Arquitecturas de altas prestaciones. Top 500. Green 500
2. Procesadores con paralelismo interno
 - 2.1. Ejecución especulativa: predictores de saltos.
 - 2.2. Planificación dinámica de instrucciones.
 - 2.3. Tratamiento preciso de excepciones.
 - 2.4. Instrucciones vectoriales/multimedia.
 - 2.5. Procesadores VLIW, superescalares, multithreading, multicore.
 - 2.6. Planificación estática de código
3. Desarrollo de aplicaciones paralelas
 - 3.1. Depuración y profiling de aplicaciones paralelas: valgrind
 - 3.2. Programación paralela: OpenMP
 - 3.3. Vectorización
 - 3.4. Programación de sist. distribuidos: MPI
 - 3.5. Coprocesadores: GPUs y MICs

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p>Explicación de contenidos del Tema 1: Computación de alto rendimiento Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Explicación de contenidos del Tema 2: Procesadores con paralelismo interno Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Asistencia y participación en clase OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p>
2	<p>Explicación de contenidos del Tema 2: Procesadores con paralelismo interno Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Explicación de contenidos del Tema 2: Procesadores con paralelismo interno Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Asistencia y participación en clase OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p>
3	<p>Explicación de contenidos del Tema 3: Profiling Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de prácticas del Tema 3: Profiling Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p>Revisión de conceptos Duración: 01:00 AIV: Aula invertida</p>			<p>Asistencia y participación en clase OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p>
4	<p>Realización de prácticas del Tema 3: Profiling Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p>Explicación de contenidos del Tema 3: OpenMP Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Evaluación de las practicas realizadas Profiling TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p> <p>Asistencia y participación en clase OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p>

5	<p>Explicación de contenidos del Tema 3: OpenMP Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de prácticas del Tema 3: OpenMP Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p>Asistencia y participación en clase OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p>
6	<p>Realización de prácticas del Tema 3: OpenMP Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p>Realización de prácticas del Tema 3: OpenMP Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p>Revisión de conceptos Duración: 01:00 AIV: Aula invertida</p>			<p>Evaluación de las practicas realizadas OpenMP TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p> <p>Asistencia y participación en clase OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p>
7	<p>Explicación de contenidos del Tema 3: Vectorización Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Explicación de contenidos del Tema 3: Vectorización Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Asistencia y participación en clase OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p>
8	<p>Realización de prácticas del Tema 3: Vectorización Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p>Explicación de contenidos del Tema 3: MPI Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Evaluación de las practicas realizadas Vectorización TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p> <p>Asistencia y participación en clase OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p>
9	<p>Explicación de contenidos del Tema 3: MPI Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Realización de prácticas del Tema 3: MPI Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p>Asistencia y participación en clase OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p>

10	<p>Realización de prácticas del Tema 3: MPI Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p>Revisión de conceptos Duración: 01:00 AIV: Aula invertida</p> <p>Explicación de contenidos del Tema 3: Coprocesadores Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Asistencia y participación en clase OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p> <p>Evaluación de las practicas realizadas MPI TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p>
11	<p>Explicación de contenidos del Tema 3: Coprocesadores Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Explicación de contenidos del Tema 3: Coprocesadores Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p>Asistencia y participación en clase OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p>
12	<p>Explicación de contenidos del Tema 3: Coprocesadores Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Revisión de conceptos Duración: 01:00 AIV: Aula invertida</p> <p>Realización de prácticas del Tema 3: GPUs Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p>Asistencia y participación en clase OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p>
13	<p>Realización de prácticas del Tema 3: GPUs Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p>Realización de prácticas del Tema 3: GPUs Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p>Asistencia y participación en clase OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p>
14	<p>Realización de prácticas del Tema 3: GPUs Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p>Realización de prácticas del Tema 3: GPUs Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p>Asistencia y participación en clase OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p>

15	<p>Realización de prácticas del Tema 3: GPUs Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p>Realización de prácticas del Tema 3: GPUs Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p>Evaluación de las prácticas realizadas: GPUs TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p> <p>Asistencia y participación en clase OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p>
16	<p>Presentación del proyecto Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> <p>Presentación del proyecto Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>			<p>Proyecto (dos). Presentación en clase TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p>
17				<p>Prácticas (recuperación) TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Global No presencial Duración: 00:00</p> <p>Proyecto (recuperación). Presentación TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Global Presencial Duración: 02:00</p>

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
1	Asistencia y participación en clase	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	%	7 / 10	CG-2/CE45
2	Asistencia y participación en clase	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	%	7 / 10	CG-2/CE45
3	Asistencia y participación en clase	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	%	7 / 10	CG-2/CE45
4	Evaluación de las practicas realizadas Profiling	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	5%	/ 10	Ce 12/16 Ce 13/18 Ce 14/15 Ce 19/20 Ce 44
4	Asistencia y participación en clase	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	%	7 / 10	CG-2/CE45
5	Asistencia y participación en clase	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	%	7 / 10	CG-2/CE45
6	Evaluación de las practicas realizadas OpenMP	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	10%	/ 10	Ce 12/16 Ce 13/18 Ce 14/15 Ce 19/20 Ce 44
6	Asistencia y participación en clase	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	%	7 / 10	CG-2/CE45
7	Asistencia y participación en clase	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	%	7 / 10	CG-2/CE45
8	Evaluación de las practicas realizadas Vectorización	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	5%	/ 10	Ce 12/16 Ce 13/18 Ce 14/15 Ce 19/20 Ce 44

8	Asistencia y participación en clase	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	%	7 / 10	CG-2/CE45
9	Asistencia y participación en clase	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	%	7 / 10	CG-2/CE45
10	Evaluación de las practicas realizadas MPI	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	5%	/ 10	Ce 12/16 Ce 13/18 Ce 14/15 Ce 19/20 Ce 44
10	Asistencia y participación en clase	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	%	7 / 10	CG-2/CE45
11	Asistencia y participación en clase	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	%	7 / 10	CG-2/CE45
12	Asistencia y participación en clase	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	%	7 / 10	CG-2/CE45
13	Asistencia y participación en clase	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	%	7 / 10	CG-2/CE45
14	Asistencia y participación en clase	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	%	7 / 10	CG-2/CE45
15	Evaluación de las prácticas realizadas: GPUs	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	15%	/ 10	Ce 12/16 Ce 13/18 Ce 14/15 Ce 19/20 Ce 44
15	Asistencia y participación en clase	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	%	7 / 10	CG-2/CE45
16	Proyecto (dos). Presentación en clase	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	02:00	60%	/ 10	CG-1/21 CG-2/CE45 CG-6 CG-19 Ce 14/15 Ce 17 Ce 19/20

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
-----	-------------	-----------	------	----------	-----------------	-------------	------------------------

17	Prácticas (recuperación)	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	40%	/ 10	Ce 12/16 Ce 13/18 Ce 14/15 Ce 19/20 Ce 44
17	Proyecto (recuperación). Presentación	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	02:00	60%	/ 10	CG-1/21 CG-2/CE45 CG-6 CG-19 Ce 14/15 Ce 17 Ce 19/20

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2. Criterios de evaluación

La evaluación de la asignatura será práctica. La parte práctica estará dividida en dos, las prácticas de laboratorio, con un 40% de la nota, y el proyecto, con un 60% restante. Deberá presentarse una pequeña memoria o resumen de los distintos trabajos realizados en las clases prácticas de laboratorio, explicando el trabajo desarrollado y los resultados obtenidos. La parte de prácticas de laboratorio corresponde al tema 3, con un peso del 40%. Este tema tiene varios apartados, cada uno con su propio peso: Valgrind (5%), OpenMP (10%), Vectorización (5%), MPI (5%) y GPUs (15%). Entre todos suman el 40% que corresponde a la nota de esa parte práctica.

Además, habrá un proyecto que enlazará las distintas partes, que los alumnos elegirán entre varios que propongan los profesores, y que se realizará fuera del aula informática. Se les dará el código secuencial y deberán paralelizarlo aplicando todo lo que se va viendo a lo largo del curso. Tendrá un peso del 60%. Además de este proyecto, habrá otro más sencillo que se elaborará parcialmente en clase para ayudar a los alumnos a comprender lo que se quiere hacer. El reparto de la nota será 2/3 para el proyecto que elijan los alumnos y un 1/3 de la nota del proyecto para el que se realice en clase. Cada grupo presentará brevemente el proyecto realizado y justificará sus resultados, para ello contará con 10 minutos en clase.

Se tendrá en cuenta la asistencia y participación en clase, que deberá alcanzar un mínimo del 70%. Si no se llega

a ese mínimo, se deberá hacer un examen para comprobar que el alumno al menos ha estudiado por su cuenta lo que se ha visto en clase.

En caso de suspender en la convocatoria ordinaria, en la convocatoria extraordinaria de julio se podrán presentar las prácticas y/o proyectos que haya obtenido mala nota de cara a mejorarlos y así poder aprobar la asignatura, ya que se guardarán el resto de notas.

Para los alumnos que deseen ir a la prueba global también deberán hacer las prácticas y el proyecto.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Stallings, W. "Organización y arquitectura de computadores", Prentice Hall, 2016, 10ª Edición	Bibliografía	
Hennessy, J. L, Patterson, D. A.; "Computer Architecture: A quantitative Approach", 5th. Ed.. Morgan Kauffmann Pub., 2012	Bibliografía	
Randal E. Bryant and David R. O'Hallaron. Computer Systems: A Programmer's Perspective, 2 Ed. Carnegie Mellon University, 2011	Bibliografía	
Aaart J.C. Bik: "The Software Vectorization Handbook", Intel Press, 2004	Bibliografía	

Richard Gerber: "The Software Optimization Cookbook", Intel Press, 2002	Bibliografía	
Jean-Loup Baer: "Microprocessor Architecture", Cambridge University Press, 2009	Bibliografía	

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

En cuanto a la metodología docente que se va a emplear, esta surge del carácter eminentemente práctico de la asignatura. Con el fin de motivar y reforzar el aprendizaje por parte del estudiantado, se emplearán varias metodologías docentes innovadoras (<https://innovacioneducativa.upm.es/guias-pdi>) [innovacioneducativa.upm.es]:

- Aprendizaje basado en problemas: Se plantean en el aula numerosos problemas prácticos que se resuelven colectivamente entre todos en clase
- Learning by doing: todos los temas se refuerzan con prácticas de programación, donde se fomenta la adquisición de competencias prácticas en la resolución de problemas relacionados con la teoría (paralelización y los sistemas de alto rendimiento.).
- Aprendizaje basado en retos: se estructura el aprendizaje en módulos concretos, progresivos, proponiendo a los estudiantes de forma gradual desafíos específicos en las distintas prácticas.
- Aprendizaje basado en proyectos: Al final de la asignatura hay dos proyectos en los que aplican buena parte de lo visto en teoría. El 50% de la nota corresponde a la realización de estos dos proyectos, uno común a todos los alumnos, y uno único elegido por cada pareja entre varias opciones. Mediante el desarrollo del mismo, se busca que los alumnos exploren la autonomía en el aprendizaje.
- Design Thinking: En los proyectos, a partir del enunciado, deben abordar la resolución de problemas más complejos que los que han visto en las prácticas, tutelándoles y validando su trabajo y diseño en cada paso.
- Aprendizaje cooperativo: Tanto las prácticas como el proyecto se realizan en grupos para fomentar el

trabajo en equipo

- Aula invertida: tras entregar el proyecto, deben realizar una presentación oral por parte de los alumnos en la que deben exponer los resultados obtenidos en el proyecto que ellos han elegido.