



## Guía docente

# 270068 - PAP - Programación y Arquitecturas Paralelas

Última modificación: 06/02/2025

**Unidad responsable:** Facultad de Informática de Barcelona

**Unidad que imparte:** 701 - DAC - Departamento de Arquitectura de Computadores.

**Titulación:** GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA (Plan 2010). (Asignatura optativa).

**Curso:** 2024

**Créditos ECTS:** 6.0

**Idiomas:** Catalán

## PROFESORADO

**Profesorado responsable:** EDUARD AYGUADÉ PARRA

**Otros:** Segon quadrimestre:  
EDUARD AYGUADÉ PARRA - 10

## CAPACIDADES PREVIAS

Definidas por pre-requisitos de la asignatura

## REQUISITOS

- Pre-requisito PAR

## COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

### Específicas:

CEC2.1. Analizar, evaluar, seleccionar y configurar plataformas hardware para el desarrollo y la ejecución de aplicaciones y servicios informáticos.

CEC2.2. Programar considerando la arquitectura hardware, tanto en ensamblador como en alto nivel.

CT8.7. Controlar versiones y configuraciones del proyecto.

### Genéricas:

G8. ACTITUD APROPIADA ANTE EL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

## METODOLOGÍAS DOCENTES

Las clases de teoría introducen todos los conocimientos, las técnicas, y los conceptos necesarios, usando ejemplos de código reales o pseudo-código. Estas clases de teoría se complementan con clases de problemas en las que se plantearán y resolverán ejercicios prácticos. En el laboratorio se ponen en práctica los contenidos teóricos, y se realizará una evaluación de comportamiento y rendimiento de las soluciones implementadas.

La asignatura contempla que parte de los contenidos teóricos, o los enunciados de laboratorio, los deberá desarrollar el estudiante de forma autónoma.

El curso está principalmente centrado en las arquitecturas clúster, utilizando el lenguaje de programación C, la librería Pthreads y los modelos de programación OpenMP y MPI.



## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

- 1.Capacidad de escribir y entender programas paralelos que utilicen la interfaz de bajo nivel Pthreads.
- 2.Capacidad de implementar las funcionalidades básicas en una librería que de soporte a la ejecución paralela de aplicaciones en una arquitectura de memoria compartida.
- 3.Capacidad de entender los componentes básicos de una arquitectura multiprocesador, así como realizar un diseño sobre papel que obedezca a determinados criterios de diseño.
- 4.Capacidad de escribir aplicaciones sencillas usando el modelo de programación MPI, evaluar su rendimiento, y detectar las partes críticas que limitan la escalabilidad.
- 5.Capacidad de evaluar la calidad de una solución propuesta a un problema específico
- 6.Capacidad de completar o ampliar los conocimientos adquiridos de forma autónoma y realizar un trabajo específico aunque el enunciado sea incompleto, o falte información relevante para su implementación

## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo mediano	15,0	10.00
Horas grupo grande	15,0	10.00
Horas aprendizaje autónomo	84,0	56.00
Horas grupo pequeño	30,0	20.00
Horas actividades dirigidas	6,0	4.00

**Dedicación total:** 150 h

## CONTENIDOS

### MPI: programación paralela para arquitecturas de memoria distribuida

#### Descripción:

En este tema aprenderemos a programar aplicaciones paralelas usando MPI, un modelo de programación basado en paso de mensajes para arquitecturas clúster de memoria distribuida.

### Programación paralela con Pthreads

#### Descripción:

Introducción a las funcionalidades básicas que ofrece la biblioteca de soporte de bajo nivel Pthreads

### Implementación de un modelo de programación de memoria compartida: threads y sincronización, reparto de trabajo y modelo de tareas

#### Descripción:

En este tema aprenderemos como diseñar e implementar una librería que de soporte a la ejecución de programas paralelos en OpenMP, en concreto los mecanismos relacionados con la gestión de threads y sincronización, el reparto de trabajo en los OpenMP "worksharing constructs" y el modelo de ejecución basado en tareas.

### Componentes y diseño de una arquitectura cluster

#### Descripción:

En este tema se presentarán los principales componentes que forman una arquitectura clúster y se realizará un diseño que atienda a determinados compromisos de potencia de cálculo, consumo energético i coste.



## ACTIVIDADES

### Programación paralela con paso de mensajes: MPI

**Objetivos específicos:**

4, 5, 6

**Competencias relacionadas:**

G8. ACTITUD APROPIADA ANTE EL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

**Dedicación:** 58h

Aprendizaje autónomo: 36h

Grupo grande/Teoría: 5h

Grupo mediano/Prácticas: 5h

Grupo pequeño/Laboratorio: 12h

### POSIX threads (Pthreads)

**Objetivos específicos:**

1

**Dedicación:** 20h

Aprendizaje autónomo: 12h

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo mediano/Prácticas: 3h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

### Implementación de un modelo de programación de memoria compartida

**Objetivos específicos:**

1, 2, 5, 6

**Competencias relacionadas:**

G8. ACTITUD APROPIADA ANTE EL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

**Dedicación:** 50h

Aprendizaje autónomo: 30h

Grupo grande/Teoría: 2h

Grupo mediano/Prácticas: 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 16h



### Componentes y diseño de una arquitectura clúster

**Objetivos específicos:**

3, 6

**Competencias relacionadas:**

G8. ACTITUD APROPIADA ANTE EL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

**Dedicación:** 20h

Aprendizaje autónomo: 12h

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo mediano/Prácticas: 5h

### Examen Final

**Objetivos específicos:**

1, 2, 3, 4

**Competencias relacionadas:**

G8. ACTITUD APROPIADA ANTE EL TRABAJO: Tener motivación para la realización profesional y para afrontar nuevos retos, así como una visión amplia de las posibilidades de la carrera profesional en el ámbito de la Ingeniería en Informática. Tener motivación por la calidad y la mejora continua, y actuar con rigor en el desarrollo profesional. Capacidad de adaptación a los cambios organizativos o tecnológicos. Capacidad de trabajar en situaciones de falta de información y/o con restricciones temporales y/o de recursos.

**Dedicación:** 2h

Actividades dirigidas: 2h

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La nota de la asignatura se calcula a partir de 3 notas:

- nota de contenidos teóricos;
- nota de laboratorio;
- nota de autonomía y motivación.

La nota de contenidos teóricos (T) se obtiene a partir de las notas obtenidas en el examen parcial (50%) y el examen final (50%). Estas pruebas podrán substituirse por la realización, entrega y discusión de un mínimo del 70% de los problemas pedidos durante las clases de teoría.

La nota de laboratorio (L) se obtendrá a partir de las notas de las entregas y el seguimiento de las sesiones de prácticas por parte del profesor.

La nota de autonomía y motivación (A) evalúa la capacidad del alumno para enfrentarse a situaciones de falta de información y la motivación para ir más allá de lo que se pide o explorar en temas adicionales. Se obtiene a partir de: 1) los resultados de aquellas prácticas en las que se requiera buscar información adicional y/o realizar partes opcionales/libres; y 2) del diseño sobre papel de un clúster para HPC.

La nota final se calcula  $F = T * 0.4 + L * 0.4 + A * 0.2$ .



## BIBLIOGRAFÍA

---

### Básica:

- Grama, A.; Karypis, G.; Kumar, V.; Gupta, A. Introduction to parallel computing. 2nd ed. Pearson Education, 2003. ISBN 0201648652.

### Complementaria:

- Ayguadé, Eduard. Unit 1: POSIX Threads (Pthreads) programming. Departament d'Arquitectura de Computadors, 2021.
- Ayguadé, Eduard. Unit 2: Build (on paper) your own cluster architecture. Departament d'Arquitectura de Computadors, 2021.
- Ayguadé, Eduard. Unit 3: MPI (Message Passing Interface). Departament d'Arquitectura de Computadors, 2021.
- Ayguadé, Eduard. Laboratory assignments: Lab 1 - OpenMP parallelisation of Eratosthenes Sieve. Departament d'Arquitectura de Computadors, 2023.
- Ayguadé, Eduard. Laboratory assignments: Lab2 - Implementing a minimal OpenMP runtime. Departament d'Arquitectura de Computadors, 2021.
- Ayguadé, Eduard ; Àlvarez, Lluc. Laboratory assignments: Lab 3 - Performance characteritzation of HPC clusters. Departament d'Arquitectura de Computadors, 2023.
- Ayguadé, Eduard ; Àlvarez, Lluc. Laboratory assignments: Lab 4 - Heat equation using MPI. Departament d'Arquitectura de Computadors, 2023.

## RECURSOS

---

### Enlace web:

- <https://www.openmp.org/specifications/> - <https://computing.llnl.gov/tutorials/mpi/> - <https://computing.llnl.gov/tutorials/pthreads/>