



19957 - COMPUTACIÓN DE ALTAS PRESTACIONES

Información de la asignatura

Código - Nombre: 19957 - COMPUTACIÓN DE ALTAS PRESTACIONES

Titulación: 772 - Graduado/a en Ingeniería Informática (2022)

773 - Graduado/a en Ingeniería Informática (2022)

774 - Graduado/a en Ingeniería Informática (Modalidad Bilingüe 2022)

776 - Graduado/a en Ingeniería Informática y Matemáticas (2022)

Centro: 350 - Escuela Politécnica Superior

Curso Académico: 2023/24

1. Detalles de la asignatura

1.1. Materia

Ingeniería de computadores

1.2. Carácter

Obligatoria

1.3. Nivel

Grado (MECES 2)

1.4. Curso

772 - Graduado/a en Ingeniería Informática (2022): 4

776 - Graduado/a en Ingeniería Informática y Matemáticas (2022): 5

774 - Graduado/a en Ingeniería Informática (Modalidad Bilingüe 2022): 4

773 - Graduado/a en Ingeniería Informática (2022): 4

1.5. Semestre

Primer semestre

1.6. Número de créditos ECTS

6.0

1.7. Idioma

Español

1.8. Requisitos previos

No hay

1.9. Recomendaciones

Es recomendable haber superado la asignatura Arquitectura de Ordenadores de tercer curso.

1.10. Requisitos mínimos de asistencia

Código Seguro de Verificación:		Fecha:	07/09/2023	1/9
Firmado por:	Esta guía docente no estará firmada mediante CSV hasta el cierre de actas			
Url de Verificación:		Página:	1/9	

Se plantean dos métodos de evaluación, uno de evaluación CONTINUA y otro de evaluación NO CONTINUA, **de forma independiente para los contenidos teóricos y para los contenidos prácticos**. Por defecto, se supone que todos los estudiantes, por el hecho de estar matriculados en la asignatura, optan por un método de evaluación CONTINUA.

En ambas modalidades la asistencia a clase de teoría no es obligatoria, pero sí fuertemente recomendable. Sin necesidad de avisar previamente, en las clases se pueden realizar pruebas que sirvan para la evaluación continua. La ausencia a estas sesiones implica la no realización de la citada prueba y la consecuente calificación con cero puntos en la actividad.

En la modalidad de evaluación CONTINUA, el estudiante deberá asistir a todas las clases prácticas y entregar de forma regular y en las fechas marcadas las memorias de resultados de cada una de las prácticas propuestas. Siempre por motivos debidamente justificados, el estudiante puede faltar a un máximo de 2 sesiones de prácticas (4 horas), debiendo en su caso, presentar también las memorias correspondientes. En el caso de alcanzar un número mayor de faltas o la no entrega de alguna de las memorias solicitadas, la calificación en convocatoria ordinaria será de no presentado.

1.11. Coordinador/a de la asignatura

Ivan Gonzalez Martinez

<https://autoservicio.uam.es/paginas-blancas/>

1.12. Competencias y resultados del aprendizaje

1.12.1. Competencias

C11 - Conocimiento y aplicación de las características, funcionalidades y estructura de los Sistemas Distribuidos, las Redes de Computadores e Internet y diseñar e implementar aplicaciones basadas en ellas.

C14 - Conocimiento y aplicación de los principios fundamentales y técnicas básicas de la programación paralela, concurrente, distribuida y de tiempo real.

IC7 - Capacidad para analizar, evaluar, seleccionar y configurar plataformas hardware para el desarrollo y ejecución de aplicaciones y servicios informáticos.

1.12.2. Resultados de aprendizaje

En esta asignatura se aprende a evaluar y analizar las características más determinantes en el rendimiento de los sistemas de computación de alto rendimiento y entender los conceptos que son indispensables para afrontar el reto de su programación. Todos los procesadores actuales incorporan múltiples cores y por tanto, para su programación efectiva, es fundamental revisar las nociones de paralelismo en la ejecución de instrucciones en las principales arquitecturas. Se enseñan procesadores superescalares multithread, multicore, sistemas multiprocesador, procesadores con unidades vectoriales, sistemas con coprocesadores gráficos y sistemas multicomputador y distribuidos. Se revisan las exigencias en el desarrollo de sistemas de computación paralela y distribuida como: la coherencia en sistemas con memoria compartida, el coste de comunicación entre procesos, el paradigma de programación paralela basado en paso de mensajes y las ventajas e inconvenientes de diferentes topologías de interconexión entre procesadores.

El estudiante llegará a entender las limitaciones de la ejecución de una aplicación en una arquitectura paralela y distribuida, dependiendo del grado de paralelización alcanzado en su implementación. Se aprende a estimar cómo evoluciona la carga de trabajo y el tiempo de computación de un algoritmo al ejecutarlo en un sistema paralelo, en función de cómo se proyecta en los procesadores de la arquitectura y de cómo se comporta la comunicación entre los elementos de computación.

1.12.3. Objetivos de la asignatura

Los objetivos que se pretenden alcanzar con esta asignatura son:

OBJETIVOS GENERALES

Código Seguro de Verificación:		Fecha:	07/09/2023	2/9
Firmado por:	Esta guía docente no estará firmada mediante CSV hasta el cierre de actas			
Url de Verificación:		Página:	2/9	

G1	Entender los paradigmas de computación paralela, distribuida y la utilización de las herramientas para procesar grandes volúmenes de información.
G2	Seleccionar la arquitectura paralela más adecuada de un sistema, en función de la carga de computación, de las comunicaciones entre procesadores y del modo en el que se comparten los datos.
G3	Aplicar la técnica de paralelización más eficiente en base a la arquitectura del sistema paralelo y distribuido, y de su modelo de programación. Conseguir escalabilidad y garantizar la tolerancia a fallos.
G4	Utilizar entornos de programación para sistemas multicomputador y distribuidos, sistemas multicore, y programación de GPUs y otros aceleradores hardware.
G5	Evaluar el rendimiento de un sistema con arquitectura paralela y distribuida. Optimizar la utilización de recursos para incrementar rendimiento.

1.13. Contenidos del programa

Programa Sintético

UNIDAD 1. Introducción a las computación de altas prestaciones.

UNIDAD 2. Sistemas para computación paralela y distribuida, y su programación.

UNIDAD 3. Paralelismo de datos a gran escala con GPU.

UNIDAD 4. Convergencia de la computación HPC y del procesamiento Big Data.

-

Programa Detallado

1. Introducción a las computación de altas prestaciones.

1.1 Motivación, objetivos y aplicaciones.

1.2. Paralelismo y concurrencia

1.2.1. Paralelismo a nivel de bit, de instrucción, de datos y de tareas

1.2.2. Computación paralela vs. sistemas distribuidos.

1.2.3. Evolución de las arquitecturas y sus modelos de programación.

1.2.4. Perspectiva histórica y tendencias actuales.

1.3. Infraestructura para la computación de altas prestaciones.

1.3.1. Concepto de cluster.

1.3.2. Arquitectura, componentes e interconexión.

1.3.3. Tipos de cluster y dominios de aplicación.

1.3.4. Instalación de un cluster y administración básica.

1.3.5. Virtualización de infraestructura.

1.4. Evaluación de prestaciones y límites de aceleración.

1.4.1. Métricas del rendimiento: aceleración (Speed-up), eficiencia y redundancia,

1.4.2. Perfil de paralelismo de un programa. Escalabilidad e isoeficiencia.

1.4.4. Modelo de ejecución con carga de trabajo fija. Ley de Amdahl.

1.4.5. Modelo de ejecución para tiempo de ejecución fijo. Ley de Gustafson.

Código Seguro de Verificación:		Fecha:	07/09/2023	3/9
Firmado por:	Esta guía docente no estará firmada mediante CSV hasta el cierre de actas			
Url de Verificación:		Página:	3/9	

2. Sistemas para computación paralela y distribuida, y su programación.

2.1 Formas de paralelismo: ILP, SIMD, Multicore, Multithread, coprocesamiento con GPU, distribución de procesos, paralelismo de datos. Conceptos de latencia y ancho de banda

2.2 Modelos de programación paralela con su correspondiente implementación HW/SW.

2.2.1 Paradigma SIMD. Conjunto de instrucciones SSE y AVX.

2.2.2 Vectorización, dependencias de datos y control, criterios de paralelización de bucles.

2.2.3 Paralelismo a nivel de Thread. Memoria compartida.

2.2.3.1 OpenMP: Programación paralela basada en directivas.

2.2.3.2 Limitaciones por compartir memoria. Efectos de False Sharing y Data race.

2.2.3.3 Procesamiento multithread con coprocesador GPU

2.2.4 Modelo de paso de mensajes. Memoria distribuida.

2.2.5 Programación paralela a nivel de datos (data-parallel programming).

2.2.6 Programación heterogénea con hardware específico.

2.2.6.1 Aceleradores basados en FPGA.

2.2.6.2 Plataformas ACAP (Adaptive Compute Acceleration Platform).

3. Paralelismo de datos a gran escala con GPU

3.1 Sistemas con coprocesadores GPU.

3.1.1 SPMD en una arquitectura manycore. Modelo SIMT.

3.1.2 Programación de propósito general con GPU (GPGPU).

3.2 Arquitectura y Modelo de Ejecución.

3.2.1 Entorno de programación CUDA.

3.2.2 Modelo de Programación.

3.2.3 API de CUDA y Jerarquía de memoria.

3.3 Ejemplos de aplicación

4. Convergencia de la computación HPC y del procesamiento Big Data.

4.1 Aplicaciones que requieren procesamiento HPC (High Performance Computing) o procesamiento Big Data.

4.2 Sistemas Multicomputador de memoria distribuida.

4.2.1 Interfaz de paso de mensajes MPI.

4.2.2 Ejemplos de aplicación.

4.3 Sistemas para gestionar grandes volúmenes de datos.

4.3.1 Arquitecturas de referencia

4.3.2 Sistema de ficheros distribuido. Tolerancia a fallos.

4.3.3 Paradigma MapReduce.

4.3.4 Marcos de programación distribuidos utilizados en las tecnologías Big Data.

4.3.5 Análisis masivo de datos usando Apache Spark

1.14. Referencias de consulta

1. Introduction to parallel computing. A. Grama, A. Gupta, G. Karpys, V. Kumar. Addison Wesley. 2004. ISBN 0-201-64865-2. Ref_UAM: INF 681.324/INT.
2. Introduction to parallel processing. Behrooz Parhami. Plenum Press. 1999. ISBN 0-306-45970-1. Ref_UAM: INF 681.324/PAR
3. Introducción a la programación paralela. F. Almeida, D. Giménez, J.M. Mantas, A. Vidal. Ed Paraninfo. 2008. ISBN 84-9732-674-1. Ref_UAM: INF 681.34/INT.

Código Seguro de Verificación:		Fecha:	07/09/2023	4/9
Firmado por:	Esta guía docente no estará firmada mediante CSV hasta el cierre de actas			
Url de Verificación:		Página:	4/9	

4. MPI the complete reference, Vol 1 y 2. Marc Snir. MIT Press. 1998. ISBN 0262692163. Ref_UAM: INF/681.324/MPI Vol. 1 y INF/681.324/MPI Vol. 2.
5. Parallel programming. Barry Wilkinson y Michael Allen, Ed. Prentice Hall. 1999. ISBN 0136717101. Ref_UAM: INF/681.324/WIL.
6. Programming massively parallel processors A hands-on Approach. David B. Kirk, Wen-mei W. Hwu. Morgan Kaufmann. 2010. ISBN 9780123814722. Ref_UAM: INF/681.324/KIR.
7. CUDA application design and development. Rob Farber. Morgan Kaufmann. ISBN 9780123884268. Ref_UAM: INF/681.3.06/FAR.
8. Computer architecture: A Quantitative Approach". John L. Hennessy y David A. Patterson. Ed McGraw-Hill. 1993. ISBN 8476159129. Ref_UAM: INF/681.32.3/HEN.
9. Designing and building parallel programs: concepts and tools for parallel software engineering " Foster, Ian T. Addison-Wesley1995 (ISBN 0-201-57594-9)
10. Advanced computer architecture and parallel processing. Hesham El-Rewini y Mostafa Abd-El-Barr, Ed John Wiley and Sons, 2005 (ISBN 0-471-46740-5)
11. Advanced computer architecture - parallelism, scalability, programmability", K.Hwang, McGraw-Hill, NY,USA, 1993, ISBN 0-07-031622-8
12. White, T. (2015). Hadoop : The definitive guide (4th ed.). Beijing [etc.: O'Reilly.
13. Karau, H. (2015). Learning Spark : Lightning-fast big data analysis. Beijing [etc.: O'Reilly.

2. Metodologías docentes y tiempo de trabajo del estudiante

2.1. Presencialidad

- Metodologías docentes:
 - Lección magistral.
 - Prácticas con medios informáticos.

MODALIDAD	HORAS	PORCENTAJE:
ACTIVIDADES PRESENCIALES	54	0,36
ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	96	0,64

La asistencia a clase de teoría no es obligatoria, pero sí fuertemente recomendable. En las prácticas el estudiante deberá asistir a todas las clases prácticas. Siempre por motivos debidamente justificados, el estudiante puede faltar a un máximo de 2 sesiones de prácticas (4 horas).

2.2. Relación de actividades formativas

Actividades presenciales	Nº horas
Clases teóricas en aula	24
Seminarios	
Clases prácticas en aula	
Prácticas clínicas	

Código Seguro de Verificación:		Fecha:	07/09/2023	5/9
Firmado por:	Esta guía docente no estará firmada mediante CSV hasta el cierre de actas			
Url de Verificación:		Página:	5/9	

Prácticas con medios informáticos	24
Prácticas de campo	
Evaluación en laboratorio	2
Prácticas externas y/o practicum	
Trabajos académicamente dirigidos	
Tutorías	
Actividades de evaluación	4
Otras	

3. Sistemas de evaluación y porcentaje en la calificación final

3.1. Convocatoria ordinaria

Ambas partes, teoría y prácticas se puntúan sobre 10 puntos.

La nota final de la asignatura se obtiene de las notas de teoría y prácticas por medio de la ecuación:

$$\text{Calificación: } 0,4 * \text{Not_Lab} + 0,6 * \text{Not_Teo}$$

Para aprobar la asignatura es obligatorio obtener una nota mayor o igual a 5 puntos, tanto en la parte de teoría como en la práctica de laboratorio. En caso contrario, la nota final en actas será:

$$\text{Calificación: } (0,4 * \text{Mín}(5, \text{Not_Lab}) + 0,6 * \text{Mín}(5, \text{Not_Teo}))$$

Para los estudiantes que opten por el método de **evaluación CONTINUA**, sus calificaciones se obtendrán de la siguiente forma:

- La nota correspondiente a la parte de Teoría (**Not_Teo**) es la que resulta de:

$$\text{Not_Teo: } \text{MAX}([0,1 * \text{entregas} + 0,2 * \text{ExP1} + 0,2 * \text{ExP2} + 0,5 * \text{ExFinal}], \text{ExFinal})$$

Las pruebas escritas **ExP1** y **ExP2** se realizarán durante el periodo lectivo y en horario de clase. Estas pruebas consistirán en la evaluación de los objetivos que deben ser alcanzados por los estudiantes durante las unidades que componen cada parcial, así como los conocimientos de unidades previas que sean necesarios.

El examen final (**ExFinal**) consistirá en una prueba escrita, cuyo contenido abarca todos los objetivos que deben ser alcanzados por los estudiantes durante el curso.

Las pruebas escritas, podrán incluir tanto cuestiones teóricas como resolución de problemas. Es necesario obtener más de 3,5 puntos en cada prueba para realizar media.

Además de las pruebas escritas, la calificación **Not_Teo** se obtendrá por la evaluación de otras actividades (**entregas**) que se centrarán preferentemente en los objetivos que deben ser alcanzados por los estudiantes en los periodos parciales del curso.

- La nota correspondiente a la parte de Laboratorio (**Not_Lab**) es la que resulta de realizar las actividades prácticas programadas en el curso:

Código Seguro de Verificación:		Fecha:	07/09/2023	6/9
Firmado por:	Esta guía docente no estará firmada mediante CSV hasta el cierre de actas			
Url de Verificación:		Página:	6/9	

$$\text{Not_Lab} = 0,2 \cdot P1 + 0,3 \cdot P2 + 0,3 \cdot P3 + 0,2 \cdot PP$$

Siendo P1 a P3 las notas obtenidas en las prácticas 1 a 3 y PP la nota del proyecto práctico elegido. Es necesario obtener más de 4 puntos en cada práctica, excepto en la práctica PP que no es de entrega obligatoria.

La calificación de la parte práctica tendrá en cuenta la calidad de los programas realizados, y el nivel de los resultados obtenidos en cada uno de los apartados que se hayan establecido para su realización en los guiones de las prácticas.

Adicionalmente, un % de la nota de cada práctica se obtendrá de la realización de un examen sobre cuestiones de la práctica. El % de la nota correspondiente al examen se informará en el guión de la práctica, o en su defecto, en clase.

- Para los estudiantes que opten por la modalidad de **evaluación NO CONTINUA**, sus calificaciones se obtendrán de la siguiente forma:
 - La nota correspondiente a la parte de teoría es la que resulta de la calificación de examen final (**ExFinal**).
 - La nota correspondiente a la parte de laboratorio se obtendrá de la calificación de un examen práctico, y de las notas de las prácticas de laboratorio propuestas en la asignatura. Antes de presentarse al examen será necesario entregar todas las prácticas.

3.1.1. Relación actividades de evaluación

TEORIA:

Actividad de evaluación: Teoría evaluación continua	%
Entregas de actividades	10
Parcial P1	20
Parcial P2	20
Examen Final	50
O bien si favorece más al estudiante:	
Examen final	100

Actividad de evaluación: Teoría evaluación no continua	%
Examen Final	100

PRACTICAS:

Actividad de evaluación: Laboratorio evaluación continua	%
Práctica 1	20

Código Seguro de Verificación:		Fecha:	07/09/2023	7/9
Firmado por:	Esta guía docente no estará firmada mediante CSV hasta el cierre de actas			
Url de Verificación:		Página:	7/9	

Práctica 2	30
Práctica 3	30
Práctica de interés particular	20

Actividad de evaluación: Laboratorio evaluación no continua	%
Práctica 1	10
Práctica 2	10
Práctica 3	10
Práctica de interés particular	20
Examen práctico	50

3.2. Convocatoria extraordinaria

Para la **convocatoria extraordinaria**:

- La nota final de la asignatura se obtiene de las notas de teoría y prácticas por medio de la ecuación:

$$\text{Calificación: } 0,4 * \text{Not_Lab} + 0,6 * \text{Not_Teo}$$

- Not_Teo**: La nota correspondiente a la parte de Teoría es la que resulta la calificación del examen final extraordinario (100%). El examen final consistirá en una prueba escrita, cuyo contenido abarca todos los objetivos que deben alcanzar los estudiantes en el curso completo. Esta prueba podrá incluir tanto cuestiones teóricas como resolución de problemas.
- Not_Lab**: La nota de prácticas se obtendrá de la calificación de un examen práctico, y de las notas de las prácticas de laboratorio propuestas en la asignatura. Antes de presentarse al examen será necesario entregar todas las prácticas.

3.2.1. Relación actividades de evaluación

TEORIA:

Actividad de evaluación: Teoría evaluación no continua	%
Examen Final	100

PRACTICAS:

Actividad de evaluación: Laboratorio evaluación no continua	%
Práctica 1	10

Código Seguro de Verificación:		Fecha:	07/09/2023	8/9
Firmado por:	Esta guía docente no estará firmada mediante CSV hasta el cierre de actas			
Url de Verificación:		Página:	8/9	

Práctica 2	10
Práctica 3	10
Práctica de interés particular	20
Examen práctico	50

4. Cronograma orientativo

Semana	Horas presenciales	Horas no presenciales
1	Presentación de la asignatura. Teoría Unidad 1	Crear parejas de prácticas
2	Teoría Unidad 1 - Explicación Práctica 0 y 1	Practica 0 - Estudio Unidad 1 - Avanzar P1
3	Teoría Unidad 1 - Realización Práctica 1	Practica 0 - Estudio Unidad 1 - Avanzar P1
4	Teoría Unidad 2 - Realización Práctica 1	Practica 0 - Estudio Unidad 2 - Avanzar P1
5	Teoría Unidad 2 - Realización Práctica 1	Practica 0 - Estudio Unidad 2 - Entrega P0 y P1
6	Teoría Unidad 2 - Explicación Práctica 2	Estudio Unidad 2 - Avanzar P2
7	Parcial 1 - Realización Práctica 2	Estudio Unidad 3 - Avanzar P2
8	Teoría Unidad 3 - Realización Práctica 2	Estudio Unidad 3 - Avanzar P2
9	Teoría Unidad 3 - Realización Práctica 2	Estudio Unidad 3 - Entrega P2
10	Teoría Unidad 3 - Realización Proyecto	Estudio Unidad 3 - Avanzar PP
11	Teoría Unidad 4 - Realización Proyecto	Estudio Unidad 4 - Avanzar PP
12	Parcial 2 - Realización Proyecto	Estudio Unidad 4 - Avanzar PP
13	Teoría Unidad 4 - Realización Proyecto	Estudio Unidad 4 - Entrega PP
14	Teoría Unidad 4 - Defensa Proyecto	Estudio Unidad 4

Código Seguro de Verificación:		Fecha:	07/09/2023	9/9
Firmado por:	Esta guía docente no estará firmada mediante CSV hasta el cierre de actas			
Url de Verificación:		Página:	9/9	