

Guia docent

270543 - HPC4AI - Computació d'Altes Prestacions per a la Intel·ligència Artificial

Última modificació: 30/01/2026

Unitat responsable: Facultat d'Informàtica de Barcelona

Unitat que imparteix: 701 - DAC - Departament d'Arquitectura de Computadors.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA INFORMÀTICA (Pla 2012). (Assignatura optativa).

Curs: 2025

Crèdits ECTS: 3.0

Idiomes: Català, Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable:

Altres: Segon quadrimestre:
JORDI TORRES VIÑALS - 10

CAPACITATS PRÈVIES

Python is the programming language of choice for the labs' sessions of this course. It is assumed that the student has a basic knowledge of Python prior to starting classes. Also, some experience with Linux basics will be necessary.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

CDG1. Capacitat per a la integració de tecnologies, aplicacions, serveis i sistemes propis de l'Enginyeria Informàtica, amb caràcter generalista, i en contextos més amplis i multidisciplinaris.

CTE6. Capacitat per a dissenyar i avaluar sistemes operatius i servidors, i aplicacions i sistemes basats en computació distribuïda.

CTE9. Capacitat per a aplicar mètodes matemàtics, estadístics i d'intel·ligència artificial per a modelar, dissenyar i desenvolupar aplicacions, serveis, sistemes intel·ligents i sistemes basats en el coneixement.

Genèriques:

CG1. Capacitat per a projectar, calcular, i dissenyar productes, processos i instal·lacions en tots els àmbits de l'Enginyeria Informàtica
CG4. Capacitat pel modelat matemàtic, càlcul i simulació en centres tecnològics i d'enginyeria d'empresa, particularment en tasques de recerca, desenvolupament i innovació en tots els àmbits relacionats amb l'Enginyeria en Informàtica.

CG6. Capacitat per a la direcció general, direcció tècnica i direcció de projectes de recerca, desenvolupament i innovació en empreses i centres tecnològics, en l'àmbit de l'Enginyeria en Informàtica.

CG7. Capacitat per a la posada en marxa, direcció i gestió de processos de fabricació d'equips informàtics, amb garantia de la seguretat per a les persones i béns, la qualitat final dels productes i la seva homologació

CG8. Capacitat per a l'aplicació dels coneixements adquirits i de resoldre problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis i multidisciplinaris, essent capaços d'integrar aquests coneixements.

Transversals:

CTR5. ACTITUD ADEQUADA DAVANT EL TREBALL: Tenir motivació per a la realització professional i per a afrontar nous reptes, tenir una visió àmplia de les possibilitats de la carrera professional en l'àmbit de l'enginyeria en informàtica. Sentir-se motivat per la qualitat i la millora contínua, i actuar amb rigor en el desenvolupament professional. Capacitat d'adaptació als canvis organitzatius o tecnològics. Capacitat de treballar en situacions de carència d'informació i/o amb restriccions temporals i/o de recursos.

Bàsiques:

CB6. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits y la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.

CB8. Que els estudiants sàpiguen comunicar les seves conclusions i els coneixements i raons darreres que les sustenten- a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats.

CB9. Que els estudiants posseeixin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant d'una manera que haurà de ser en gran mesura autodirigida o autònoma.

METODOLOGIES DOCENTS

The course follows an active learning and continuous assessment approach, combining theoretical lectures, hands-on laboratory work, autonomous learning, and student presentations.

Theoretical sessions are delivered through participatory lectures, where the instructor introduces the fundamental concepts related to high-performance computing platforms, deep learning fundamentals, parallel training strategies, and performance analysis for artificial intelligence workloads. Students are expected to actively participate in discussions during these sessions.

Hands-on activities constitute a central component of the course and are based on a learn-by-doing methodology. These activities focus on practical experimentation using a real supercomputing environment (MareNostrum 5). Part of the hands-on work is carried out during regular class sessions, while the remaining work is completed outside the classroom as autonomous learning. All hands-on activities require the submission of corresponding reports and, in some cases, technical presentations through the institutional learning platform (Racó).

Autonomous learning is mainly based on the detailed study of the course textbook, which constitutes the main reference material for the subject. Students are also required to prepare presentations and technical material related to their practical work.

Student presentations play an important role in the course. Individual students or groups are randomly selected to present their work and results in class. Peer evaluation is incorporated as part of the learning process, encouraging critical analysis and constructive feedback.

Regular attendance and active participation are expected. Students are responsible for all material covered in class, including announcements, assignments, and project guidelines, regardless of attendance. It is the student's responsibility to obtain any missed material.

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

- 1.OE1: Foundations of HPC platforms for AI: comprendre l'arquitectura, els components principals i l'entorn software d'una plataforma de supercomputació moderna orientada a càrregues de treball d'intel·ligència artificial.
- 2.OE2: Practical use of a supercomputer for AI workloads: adquirir autonomia bàsica en l'ús d'un supercomputador real, incloent accés, gestió de recursos i execució de treballs per a aplicacions d'intel·ligència artificial.
- 3.OE3: Fundamentals of Deep Learning for HPC users: entendre els principis fonamentals del Deep Learning necessaris per entrenar models en entorns de supercomputació, sense requerir coneixements previs avançats.
- 4.OE4: Parallel training of Deep Learning models: comprendre i aplicar tècniques d'entrenament paral·lel de models de Deep Learning utilitzant múltiples GPUs en un o diversos nodes (servidors) de computació
- 5.OE5: Performance analysis and optimization of AI training: analitzar el rendiment de l'entrenament de models d'intel·ligència artificial mitjançant mètriques com throughput, speedup i eficiència, i aplicar tècniques bàsiques d'optimització.
- 6.OE6: Experimental evaluation and communication of results: avaluar experimentalment resultats obtinguts en un entorn de supercomputació i comunicar conclusions tècniques de manera clara, estructurada i argumentada.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	13,5	18.00
Hores grup petit	13,5	18.00
Hores aprenentatge autònom	48,0	64.00

Dedicació total: 75 h

CONTINGUTS

C1: HPC platforms and software ecosystem for AI

Descripció:

Arquitectura d'un supercomputador modern, components hardware, sistema operatiu, entorn de programari i stack bàsic de software per a càrregues de treball d'intel·ligència artificial.

C2: Accessing and using a supercomputer for AI workloads

Descripció:

Accés a un supercomputador, gestió de comptes d'usuari, sistemes de cues, SLURM i execució de treballs per a aplicacions de Deep Learning.

C3: Deep Learning fundamentals for HPC environments

Descripció:

Conceptes bàsics de Deep Learning necessaris per entrenar models en entorns HPC: xarxes neuronals, entrenament, datasets i fluxos de treball (no podem suposar coneixements prèvis).

C4: Parallel training of Deep Learning models

Descripció:

Entrenament paral·lel de models de Deep Learning utilitzant múltiples GPUs, incloent estratègies de paral·lelisme i frameworks de programació.

C5: Performance metrics and optimization of AI training

Descripció:

Anàlisi del rendiment de l'entrenament de models d'IA mitjançant mètriques com throughput, speedup i eficiència, i tècniques bàsiques d'optimització.

C6: Experimental evaluation and presentation of results

Descripció:

Avaluació experimental de resultats obtinguts en un entorn HPC i comunicació clara de conclusions mitjançant informes i presentacions tècniques.

ACTIVITATS

A1: Course introduction

Objectius específics:

1

Competències relacionades:

CG8. Capacitat per a l'aplicació dels coneixements adquirits i de resoldre problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis i multidisciplinaris, essent capaços d'integrar aquests coneixements.

CG7. Capacitat per a la posada en marxa, direcció i gestió de processos de fabricació d'equips informàtics, amb garantia de la seguretat per a les persones i béns, la qualitat final dels productes i la seva homologació

CG1. Capacitat per a projectar, calcular, i dissenyar productes, processos i instal·lacions en tots els àmbits de l'Enginyeria Informàtica

CG6. Capacitat per a la direcció general, direcció tècnica i direcció de projectes de recerca, desenvolupament i innovació en empreses i centres tecnològics, en l'àmbit de l'Enginyeria en Informàtica.

CTE6. Capacitat per a dissenyar i avaluar sistemes operatius i servidors, i aplicacions i sistemes basats en computació distribuïda.

Dedicació: 2h

Grup gran/Teoria: 1h

Aprenentatge autònom: 1h

A2: HPC platforms and software stack for AI

Objectius específics:

1

Competències relacionades:

CG8. Capacitat per a l'aplicació dels coneixements adquirits i de resoldre problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis i multidisciplinaris, essent capaços d'integrar aquests coneixements.

CG7. Capacitat per a la posada en marxa, direcció i gestió de processos de fabricació d'equips informàtics, amb garantia de la seguretat per a les persones i béns, la qualitat final dels productes i la seva homologació

CG1. Capacitat per a projectar, calcular, i dissenyar productes, processos i instal·lacions en tots els àmbits de l'Enginyeria Informàtica

CG6. Capacitat per a la direcció general, direcció tècnica i direcció de projectes de recerca, desenvolupament i innovació en empreses i centres tecnològics, en l'àmbit de l'Enginyeria en Informàtica.

CTE6. Capacitat per a dissenyar i avaluar sistemes operatius i servidors, i aplicacions i sistemes basats en computació distribuïda.

Dedicació: 4h 30m

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Aprenentatge autònom: 2h

A3: Using a supercomputer for AI workloads

Objectius específics:

2

Competències relacionades:

CG8. Capacitat per a l'aplicació dels coneixements adquirits i de resoldre problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis i multidisciplinaris, essent capaços d'integrar aquests coneixements.

CG1. Capacitat per a projectar, calcular, i dissenyar productes, processos i instal·lacions en tots els àmbits de l'Enginyeria Informàtica

CTE6. Capacitat per a dissenyar i avaluar sistemes operatius i servidors, i aplicacions i sistemes basats en computació distribuïda.

CB6. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits y la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.

Dedicació: 6h 30m

Grup gran/Teoria: 2h

Grup petit/Laboratori: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 3h

A4: Deep Learning fundamentals for HPC environments

Objectius específics:

3

Competències relacionades:

CG4. Capacitat pel modelat matemàtic, càlcul i simulació en centres tecnològics i d'enginyeria d'empresa, particularment en tasques de recerca, desenvolupament i innovació en tots els àmbits relacionats amb l'Enginyeria en Informàtica.

CG8. Capacitat per a l'aplicació dels coneixements adquirits i de resoldre problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis i multidisciplinaris, essent capaços d'integrar aquests coneixements.

CTE9. Capacitat per a aplicar mètodes matemàtics, estadístics i d'intel·ligència artificial per a modelar, dissenyar i desenvolupar aplicacions, serveis, sistemes intel·ligents i sistemes basats en el coneixement.

Dedicació: 8h 30m

Grup gran/Teoria: 3h

Grup petit/Laboratori: 1h

Aprenentatge autònom: 4h 30m

A5: Parallel training of Deep Learning models

Objectius específics:

4

Competències relacionades:

CG1. Capacitat per a projectar, calcular, i dissenyar productes, processos i instal·lacions en tots els àmbits de l'Enginyeria Informàtica

CTE6. Capacitat per a dissenyar i avaluar sistemes operatius i servidors, i aplicacions i sistemes basats en computació distribuïda.

CTE9. Capacitat per a aplicar mètodes matemàtics, estadístics i d'intel·ligència artificial per a modelar, dissenyar i desenvolupar aplicacions, serveis, sistemes intel·ligents i sistemes basats en el coneixement.

CB6. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits y la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.

CB9. Que els estudiants posseeixin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant d'una manera que haurà de ser en gran mesura autodirigida o autònoma.

Dedicació: 9h 30m

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 5h

A6: Performance analysis and optimization of AI training

Objectius específics:

4, 5

Competències relacionades:

CG4. Capacitat pel modelat matemàtic, càlcul i simulació en centres tecnològics i d'enginyeria d'empresa, particularment en tasques de recerca, desenvolupament i innovació en tots els àmbits relacionats amb l'Enginyeria en Informàtica.

CG1. Capacitat per a projectar, calcular, i dissenyar productes, processos i instal·lacions en tots els àmbits de l'Enginyeria Informàtica

CTE6. Capacitat per a dissenyar i avaluar sistemes operatius i servidors, i aplicacions i sistemes basats en computació distribuïda.

CTE9. Capacitat per a aplicar mètodes matemàtics, estadístics i d'intel·ligència artificial per a modelar, dissenyar i desenvolupar aplicacions, serveis, sistemes intel·ligents i sistemes basats en el coneixement.

CB6. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits y la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.

CB9. Que els estudiants posseeixin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant d'una manera que haurà de ser en gran mesura autodirigida o autònoma.

Dedicació: 8h 30m

Grup gran/Teoria: 1h 30m

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 5h

A7: Distributed training and scalability

Objectius específics:

4, 5

Competències relacionades:

CG4. Capacitat pel modelat matemàtic, càlcul i simulació en centres tecnològics i d'enginyeria d'empresa, particularment en tasques de recerca, desenvolupament i innovació en tots els àmbits relacionats amb l'Enginyeria en Informàtica.

CG1. Capacitat per a projectar, calcular, i dissenyar productes, processos i instal·lacions en tots els àmbits de l'Enginyeria Informàtica

CTE6. Capacitat per a dissenyar i avaluar sistemes operatius i servidors, i aplicacions i sistemes basats en computació distribuïda.

CTE9. Capacitat per a aplicar mètodes matemàtics, estadístics i d'intel·ligència artificial per a modelar, dissenyar i desenvolupar aplicacions, serveis, sistemes intel·ligents i sistemes basats en el coneixement.

CB6. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits y la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.

CB9. Que els estudiants posseeixin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant d'una manera que haurà de ser en gran mesura autodirigida o autònoma.

Dedicació: 10h

Grup gran/Teoria: 1h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 6h

A8: Hands-on laboratory work

Objectius específics:

2, 4, 5

Competències relacionades:

CG4. Capacitat pel modelat matemàtic, càlcul i simulació en centres tecnològics i d'enginyeria d'empresa, particularment en tasques de recerca, desenvolupament i innovació en tots els àmbits relacionats amb l'Enginyeria en Informàtica.

CG8. Capacitat per a l'aplicació dels coneixements adquirits i de resoldre problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis i multidisciplinaris, essent capaços d'integrar aquests coneixements.

CG1. Capacitat per a projectar, calcular, i dissenyar productes, processos i instal·lacions en tots els àmbits de l'Enginyeria Informàtica

CTE6. Capacitat per a dissenyar i avaluar sistemes operatius i servidors, i aplicacions i sistemes basats en computació distribuïda.

CTE9. Capacitat per a aplicar mètodes matemàtics, estadístics i d'intel·ligència artificial per a modelar, dissenyar i desenvolupar aplicacions, serveis, sistemes intel·ligents i sistemes basats en el coneixement.

CB6. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits i la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi.

CB9. Que els estudiants posseeixin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant d'una manera que haurà de ser en gran mesura autodirigida o autònoma.

Dedicació: 14h

Grup petit/Laboratori: 4h

Aprenentatge autònom: 10h

A9: Practical project development

Objectius específics:

6

Competències relacionades:

CDG1. Capacitat per a la integració de tecnologies, aplicacions, serveis i sistemes propis de l'Enginyeria Informàtica, amb caràcter generalista, i en contextos més amplis i multidisciplinaris.

CTR5. ACTITUD ADEQUADA DAVANT EL TREBALL: Tenir motivació per a la realització professional i per a afrontar nous reptes, tenir una visió àmplia de les possibilitats de la carrera professional en l'àmbit de l'enginyeria en informàtica. Sentir-se motivat per la qualitat i la millora contínua, i actuar amb rigor en el desenvolupament professional. Capacitat d'adaptació als canvis organitzatius o tecnològics. Capacitat de treballar en situacions de carència d'informació i/o amb restriccions temporals i/o de recursos.

CB8. Que els estudiants sàpiguen comunicar les seves conclusions i els coneixements i raons darreres que les sustenten - a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats.

CB9. Que els estudiants posseeixin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant d'una manera que haurà de ser en gran mesura autodirigida o autònoma.

Dedicació: 9h

Aprenentatge autònom: 9h

A10: Technical presentations and peer evaluation

Objectius específics:

6

Competències relacionades:

CDG1. Capacitat per a la integració de tecnologies, aplicacions, serveis i sistemes propis de l'Enginyeria Informàtica, amb caràcter generalista, i en contextos més amplis i multidisciplinaris.

CTR5. ACTITUD ADEQUADA DAVANT EL TREBALL: Tenir motivació per a la realització professional i per a afrontar nous reptes, tenir una visió àmplia de les possibilitats de la carrera professional en l'àmbit de l'enginyeria en informàtica. Sentir-se motivat per la qualitat i la millora contínua, i actuar amb rigor en el desenvolupament professional. Capacitat d'adaptació als canvis organitzatius o tecnològics. Capacitat de treballar en situacions de carència d'informació i/o amb restriccions temporals i/o de recursos.

CB8. Que els estudiants sàpiguen comunicar les seves conclusions i els coneixements i raons darreres que les sustenten- a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats.

CB9. Que els estudiants posseeixin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant d'una manera que haurà de ser en gran mesura autodirigida o autònoma.

Dedicació: 2h

Aprenentatge autònom: 2h

A11: Attendance and participation

Objectius específics:

6

Competències relacionades:

CDG1. Capacitat per a la integració de tecnologies, aplicacions, serveis i sistemes propis de l'Enginyeria Informàtica, amb caràcter generalista, i en contextos més amplis i multidisciplinaris.

CTR5. ACTITUD ADEQUADA DAVANT EL TREBALL: Tenir motivació per a la realització professional i per a afrontar nous reptes, tenir una visió àmplia de les possibilitats de la carrera professional en l'àmbit de l'enginyeria en informàtica. Sentir-se motivat per la qualitat i la millora contínua, i actuar amb rigor en el desenvolupament professional. Capacitat d'adaptació als canvis organitzatius o tecnològics. Capacitat de treballar en situacions de carència d'informació i/o amb restriccions temporals i/o de recursos.

CB8. Que els estudiants sàpiguen comunicar les seves conclusions i els coneixements i raons darreres que les sustenten- a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats.

CB9. Que els estudiants posseeixin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant d'una manera que haurà de ser en gran mesura autodirigida o autònoma.

Dedicació: 0h 24m

Aprenentatge autònom: 0h 24m

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

The evaluation of this course is based on a continuous assessment system, strongly focused on practical work and active participation.

The final grade is composed of the following elements:

- Attendance and participation: 20%

Regular attendance and active participation in lectures, discussions, and hands-on sessions.

Attendance is mandatory. To qualify for continuous assessment, students must attend at least 80% of the class sessions.

- Hands-on activities (laboratory work): 60%

Evaluation of the practical laboratory activities carried out throughout the course (LAB 0 to LAB 4).

The instructor will assess the submitted work using a rubric that considers correctness, completeness, experimental results, and technical understanding.

Some students or groups will be randomly selected during the course to present and explain their laboratory work (LAB 0 to LAB 2).

This mechanism is intended to ensure that all students prepare and understand their work thoroughly.

- Technical presentations and peer evaluation: 20%

During the final session of the course, all students will present either LAB 3 or LAB 4 (assigned randomly).

Presentations will be evaluated by the instructor and through peer evaluation, which will contribute to the final presentation grade.

Attendance on the presentation day is mandatory. Students who do not attend this session will not receive the presentation grade.

Requirements for continuous assessment: To qualify for continuous assessment, students must meet all the following requirements:

- Attendance: at least 80% of the class sessions.

- Hands-on activities: completion of at least 50% of the laboratory work.

Final exam option

- Students who do not meet the requirements for continuous assessment will have the option to take a final exam.

- This exam will evaluate the entire course content, including theoretical concepts, practical knowledge, and autonomous learning material based on the course book and laboratory activities.

- The final exam will be announced during the course. No documentation (printed or digital) will be allowed during the exam.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Torres, Jordi. Supercomputing for Artificial Intelligence: Foundations, Architectures, and Scaling Deep Learning. WATCH THIS SPACE Book Series - Barcelona. Amazon KDP, 2025. ISBN 979-831932835-9.

RECURSOS

Enllaç web:

- <https://torres.ai/HPC4AI-MEI>