

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

Asignatura	ARQUITECTURAS PARALELAS Y APRENDIZAJE PROFUNDO		
Materia	ANÁLISIS DE DATOS Y BIG DATA		
Módulo	MÓDULO BÁSICO		
Titulación	MÁSTER UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES		
Plan	371	Código	54619
Periodo de impartición	1er CUATRIMESTRE	Tipo/Carácter	OPTATIVA
Nivel/Ciclo	MÁSTER	Curso	1º
Créditos ECTS	5 ECTS		
Lengua en que se imparte	CASTELLANO		
Profesor/es responsable/s	MARIO MARTINEZ ZARZUELA FRANCISCO JAVIER DÍAZ PERNAS		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	TELÉFONO: 98342300 ext. 5702 / ext. 5563 E-MAIL: marmar@tel.uva.es / pacper@tel.uva.es DESPACHOS: 2L006, 2D080		
Departamento	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		

1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

Te has preguntado....

- ¿Qué es lo que permite a un vehículo autónomo percibir su entorno, anticiparse a situaciones de peligro y tomar decisiones sin requerir de la participación de un conductor?
- ¿Qué tecnología hay detrás de un asistente de voz inteligente? ¿Cómo reconoce lo que decimos y adapta la respuesta?
- ¿Cuál es la base de novedosos sistemas médicos de diagnóstico que ayudan al personal sanitario a tomar mejores y más rápidas decisiones?
- ¿Cómo puede desarrollarse el software de un robot para que aprenda a caminar y mejorar sus habilidades por sí mismo?

Encontrarás la respuesta a estas y otras preguntas en la asignatura Arquitecturas Paralelas y Aprendizaje Profundo.

En la primera parte de la asignatura se estudian los fundamentos de arquitecturas de microprocesador masivamente paralelas, como las Unidades de Procesamiento Gráfico (GPU, Graphics Processing Unit). Estos procesadores son ingredientes hardware indispensables para acelerar cálculos científicos y, en particular, las técnicas de inteligencia artificial más exigentes desde el punto de vista computacional. Su estudio da pie a la segunda parte de la asignatura. En esa segunda parte se dedica un tiempo comparativamente más amplio de estudio, en el que se exploran con detalle los fundamentos y las técnicas más actuales de Aprendizaje Profundo (DL, Deep Learning), haciendo un especial énfasis en su aplicación práctica. Para ello se parte de los principios básicos de funcionamiento de las Redes Neuronales Artificiales (ANN, Artificial Neural Networks) y su evolución hacia Redes Neuronales de Aprendizaje Profundo (DNN, Deep Neural Networks), Redes Neuronales Convolucionales (CNN, Convolutional Neural Networks), Redes Completamente Convolucionales (FCN, Fully Convolutional Networks) y Redes Generativas Antagónicas (GAN, Generative Adversarial Networks).

En la tercera y última parte de la asignatura se plantea un trabajo siguiendo la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), en el que los estudiantes deberán proponer una solución a un problema dado haciendo uso de Redes de Aprendizaje Profundo. Los frameworks empleados para los desarrollos en esta parte podrán ser TensorFlow y PyTorch, utilizando en cualquiera de ellos como lenguaje de programación Python.

1.2 Relación con otras materias

Esta asignatura optativa está relacionada con la materia "Fundamentos de Aprendizaje Automático", que consta únicamente de la asignatura "Fundamentos de Aprendizaje Automático". En esa asignatura se verán los fundamentos de aprendizaje automático, sus tipos, generalización, regularización y validación, que serán de interés en nuestra asignatura puesto que el aprendizaje profundo es un tipo de Aprendizaje Automático.

Asimismo, en la asignatura "Fundamentos de Aprendizaje Automático" se estudian las redes neuronales en las que se basa el aprendizaje profundo en su evolución hacia las redes de aprendizaje profundo.



1.3 Prerrequisitos

Conocimientos básicos de programación y conocimientos básicos de las materias indicadas en el punto anterior. Dado el escenario de "nueva normalidad" y atendiendo a la posible evolución de los acontecimientos, en esta asignatura se utilizan o se podrán utilizar herramientas docentes online para la docencia y la evaluación. El alumno deberá contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y con los sistemas de videoconferencia. Para la evaluación del aprendizaje de esta asignatura el alumno acepta utilizar los mecanismos técnicos que constan en esta Guía y aquellos que la Universidad determine y/o facilite.





2. Competencias

2.1 Generales

- Capacidad de iniciar la inmersión conceptual y práctica en el contexto socio-económico, y especialmente en los aspectos que influyen en la transferencia tecnológica del conocimiento, así como en los procesos típicos del ciclo de innovación tecnológica y empresarial. [CG 2]
- Capacidad de desarrollar la competencia de aprendizaje y trabajo en grupo tanto en entornos conocidos y restringidos, como en consorcios internacionales en los que intervienen factores culturales. [CG 11]
- Capacidad de proseguir en un aprendizaje a lo largo de toda la vida (Life Long Learning) a través de la asimilación de las técnicas y actitudes propias del trabajo autónomo y auto-dirigido. [CG 13]

2.2 Específicas

- Capacidad de comprensión de las bases teóricas en las que se apoyan los conceptos propios de esta materia. [CE-TS 2]
- Capacidad de relacionar los diferentes conceptos, así como llevar a cabo un análisis crítico de los métodos desarrollados hasta llegar a comprender el estado del arte. [CE-TS 3]
- Capacidad de análisis y síntesis de las técnicas propias de procesamiento de señal, así como su aplicación a la resolución de problemas prácticos. [CE-TS 4]
- Capacidad de llevar a cabo simulaciones y experimentos mediante el uso de ordenadores y herramientas informáticas que permitan validar desde un punto de vista práctico los conceptos de esta materia y su aplicación en problemas. [CE-TS 5]
- Capacidad de utilizar procedimientos eficaces de búsqueda de información científica relacionada, tanto en fuentes de información primarias como secundarias, incluyendo el uso de recursos informáticos. [CE-TS 6]
- Capacidad para exponer un trabajo desarrollado por el estudiante en un tema relacionado con esta materia. [CE-TS 7]
- Capacidad para defender y argumentar las decisiones tomadas en los métodos y algoritmos usados en procesamiento de señal. [CE-TS 8]
- Capacidad de comprender la organización interna de arquitecturas de procesamiento masivamente paralelas, como la GPU, y sus diferencias respecto a arquitecturas de procesamiento de varios núcleos, como la CPU. [CE-TS 12]
- Capacidad de desarrollar software sobre estas arquitecturas, anticipando las ventajas y limitaciones de las mismas a la hora de acelerar la ejecución de algoritmos mediante su paralelización. [CE-TS 13]
- Capacidad de diseñar y ejecutar redes neuronales basadas en Deep Learning, así como comprender la evolución de las mismas desde otros tipos de redes neuronales clásicas. [CE-TS 14]



3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el estudiante deberá ser capaz de:

- Entender las bases del funcionamiento de arquitecturas masivamente paralelas.
- Conocer la evolución de las GPUs desde periféricos para "gaming" hasta periféricos indispensables para el procesamiento de datos en infinidad de aplicaciones.
- Aprender los conceptos básicos sobre programación de GPUs y conocer las estrategias de paralelización de algoritmos para acelerar su ejecución.
- Entender los periodos históricos de la evolución de las Redes Neuronales Artificiales hasta el momento actual.
- Conocer los cambios y principios de funcionamiento fundamentales que han posibilitado el desarrollo del Aprendizaje Profundo.
- Aprender los conceptos y herramientas básicas para el diseño y ejecución de redes neuronales basadas en Aprendizaje Profundo.
- Resolver un problema de Inteligencia Artificial con técnicas y *frameworks* actuales de Aprendizaje Profundo.
- Gestionar bibliografía, documentación y software específicos.





4. Contenidos y/o bloques temáticos

Bloque 1: “Arquitecturas Paralelas”

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1.0

a. Contextualización y justificación

La computación y las arquitecturas paralelas han ido adquiriendo importancia a medida que se descubrían y probaban nuevos algoritmos y librerías para la aceleración de cálculos, que permiten resolver más rápidamente problemas de computación con unas determinadas características. En los últimos años, ha tenido una especial relevancia la aceleración lograda por plataformas de cómputo paralelo orientadas a la aceleración mediante técnicas de paralelismo de datos. Las arquitecturas de microprocesador masivamente paralelas que vamos a estudiar han tenido un origen y evolución muy diferentes. Las Unidades de Procesamiento de Gráficos (*GPU*, *Graphics Processing Unit*) se crearon para acelerar la creación de imágenes para su posterior visualización. Su arquitectura paralela las hace más eficientes que las CPU para la ejecución de algoritmos que procesan bloques de datos en paralelo. El estudio de las arquitecturas GPU y su programación es fundamental para abordar problemas que requieren datos a gran escala y técnicas de aprendizaje profundo.

b. Objetivos de aprendizaje

- Entender las bases del funcionamiento de arquitecturas masivamente paralelas.
- Conocer la evolución de las GPUs desde periféricos para “*gaming*” hasta periféricos indispensables para el procesamiento de datos en infinidad de aplicaciones.
- Aprender los conceptos básicos sobre programación de GPUs y conocer las estrategias de paralelización de algoritmos para acelerar su ejecución.
- Conocer el origen y la evolución de los TPUs y sus diferencias con GPUs.
- Gestionar bibliografía, documentación y software específicos.

c. Contenidos

Este bloque incluye los temas y sus secciones correspondientes que se indican a continuación:

TEMA 0: Presentación de la asignatura

- 0.1. Descripción de competencias y contenidos.
- 0.2. Objetivos de aprendizaje.
- 0.3. Herramientas disponibles.
- 0.4. Sistema de evaluación.

TEMA 1: Principios de funcionamiento y programación de GPUs

- 1.1 Introducción a la arquitectura de la GPU.
- 1.2 Modelo de computación paralela en GPU.
- 1.3 Programación de GPUs

d. Métodos docentes



Los métodos docentes empleados varían en caso de que la docencia sea presencial o bimodal. En este último caso, si fuera necesario, las restricciones de aforo impuestas por la situación derivada de la pandemia covid-19, implicarán que una parte de la docencia se imparta en formato presencial y otra en formato virtual.

- Contenidos teórico prácticos: docencia presencial en aula con clase magistral participativa, clases asíncronas grabadas en vídeo o clases síncronas mediante videoconferencia.
- Seminarios y laboratorios: docencia presencial en aula con grupos reducidos para resolución de problemas y actividades de tutorización grupal o seminarios y laboratorios virtualizados síncronos equivalentes mediante videoconferencia.

e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I. Plan de Trabajo.

f. Evaluación

La evaluación de las competencias adquiridas se realiza mediante un sistema de evaluación continua con los siguientes instrumentos:

- Pruebas de conocimientos teórico prácticos.
- Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas.

g Material docente

g.1 Bibliografía básica

- J. Sanders and E. Kandrot, *CUDA by Example: An Introduction to General-Purpose GPU Programming*, Addison-Wesley Professional, 2010. ISBN: 978-0131387683.

g.2 Bibliografía complementaria

- D.B. Kirk, W. Mei, *Programming Massively Parallel Processors, Second Edition: A Hands-on Approach*, Morgan Kaufmann, 2012. ISBN: 978-0124159921.

g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

Como apoyo para el estudio personal del alumno, se podrán proporcionar recursos telemáticos que estarán disponibles en la página de la asignatura en el Campus Virtual.

h. Recursos necesarios

En este bloque se utilizan herramientas docentes online para la docencia y la evaluación. En caso de una afección por medidas sanitarias especiales, el alumno debe contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y con los sistemas de videoconferencia. De manera general, serán necesarios los siguientes recursos:



- Entorno de trabajo en la plataforma Campus Virtual de la UVa.
- Documentación de apoyo en forma de diapositivas y otros recursos online.
- Ordenador personal

i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
1.0	3 semanas

Bloque 2: “Aprendizaje Profundo”

Carga de trabajo en créditos ECTS: 4.0

a. Contextualización y justificación

El Aprendizaje Profundo (DL, *Deep Learning*) es un tipo de aprendizaje automático que se inspira en la manera en la que el cerebro humano filtra la información. Con aprendizaje profundo se pueden analizar e interpretar grandes cantidades de datos de manera más fácil y rápida. Las características subyacentes se aprenden directamente a partir de los datos sin necesidad de realizar un costoso proceso manual de extracción de características. Las Redes Neuronales (NN, *Neural Networks*), en las que se basa el aprendizaje profundo, si bien se han venido utilizando desde hace décadas, han experimentado un resurgimiento motivado por la adopción de datos masivos, el uso de hardware como las GPUs que permiten un paralelismo masivo y software con técnicas mejoradas, nuevos modelos y frameworks que facilitan su aplicación a diferentes problemas.

b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Entender los periodos históricos de la evolución de las Redes Neuronales Artificiales hasta el momento actual.
- Conocer los cambios y principios de funcionamiento fundamentales que han posibilitado el desarrollo del Aprendizaje Profundo.
- Aprender los conceptos y herramientas básicas para el diseño y ejecución de redes neuronales basadas en Aprendizaje Profundo.
- Resolver un problema de Inteligencia Artificial con técnicas y *frameworks* actuales de Aprendizaje Profundo.
- Gestionar bibliografía, documentación y software específicos.

c. Contenidos

TEMA 2: Redes Neuronales de Aprendizaje Profundo

- 3.1 Evolución de Redes Neuronales hasta Redes de Aprendizaje Profundo (DNNs)
- 3.2 Redes Convolucionales (CNNs) y Redes Completamente Convolucionales (FCNs)
- 3.3 Redes Generativas Antagónicas (GANs)

TEMA 3. Aplicación práctica del Aprendizaje Profundo



- 3.1 Revisión y estudio de frameworks.
- 3.2 Librerías y entornos para Deep Learning acelerados por GPU.
- 3.3 Inicio de la actividad Aprendizaje Basado en Proyectos

d. Métodos docentes

Los métodos docentes empleados varían en caso de que la docencia sea presencial o bimodal. En este último caso, si fuera necesario, las restricciones de aforo impuestas por la situación derivada de la pandemia covid-19, implicarán que una parte de la docencia se imparta en formato presencial y otra en formato virtual.

- Contenidos teórico prácticos: docencia presencial en aula con clase magistral participativa, clases asíncronas grabadas en vídeo o clases síncronas mediante videoconferencia.
- Seminarios y laboratorios: docencia presencial en aula con grupos reducidos para resolución de problemas y actividades de tutorización grupal o seminarios y laboratorios virtualizados síncronos equivalentes mediante videoconferencia.
- Para los trabajos de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) la adquisición de conocimientos se basa en que los estudiantes deben resolver el enunciado del trabajo aplicando - y también ampliando – los conocimientos adquiridos.

e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I. Plan de Trabajo.

f. Evaluación

La evaluación de las competencias adquiridas se realiza mediante un sistema de evaluación continua con los siguientes instrumentos:

- Pruebas de conocimientos teórico prácticos.
- Valoración de un estudio de investigación en formato artículo a partir de un trabajo de ABP en el que se utilizarán las tecnologías estudiadas en una aplicación concreta.
- Valoración de la actitud y participación del alumno en las actividades formativas.

g Material docente

g.1 Bibliografía básica

- François Chollet, Deep Learning with Python, Manning Publications Co. Greenwich, CT, USA 2017. ISBN:1617294438 9781617294433

g.2 Bibliografía complementaria

- Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville: Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series), MIT Press 2016.
- Gulli and A. Kapoor, TensorFlow 1.x Deep Learning Cookbook: Over 90 unique



g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

Como apoyo para el estudio personal del alumno, se podrán proporcionar recursos telemáticos que estarán disponibles en la página de la asignatura en el Campus Virtual.

h. Recursos necesarios

En este bloque se utilizan herramientas docentes online para la docencia y la evaluación. En caso de una afección por medidas sanitarias especiales, el alumno debe contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y con los sistemas de videoconferencia. De manera general, serán necesarios los siguientes recursos:

- Entorno de trabajo en la plataforma Campus Virtual de la UVa.
- Documentación de apoyo en forma de diapositivas y otros recursos online.
- Ordenador personal

i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
4.0	12 semanas

5. Métodos docentes y principios metodológicos

El estudiante adquirirá los conocimientos teórico prácticos en clases magistrales participativas, alternativamente a través del visionado de vídeos o videoconferencias (en docencia no presencial) y mediante la lectura de materiales preparados o enlazados por los profesores. En las clases se utilizarán elementos dinamizadores en forma de cuestionarios online empleando la plataforma del campusvirtual u otras herramientas como Kahoot. Los conocimientos de carácter eminentemente práctico se adquieren a través de prácticas guiadas de programación con autocorrección, que permiten a los estudiantes adquirir nuevos conocimientos a partir de las bases teóricas.

Durante el tiempo que duren estas actividades, se ofrecerán al estudiante tiempos de tutoría síncrona o asíncrona. En el primer caso se emplearán entornos presenciales o virtuales, tales como videoconferencia y chat. En el segundo caso se emplearán foros de discusión abiertos en la plataforma campusvirtual para tal efecto o sistemas de mensajería electrónica.

Se priorizará la evaluación continua de competencias, empleando los siguientes instrumentos: pruebas de evaluación de carácter teórico-práctico y pruebas de programación que serán realizados individualmente por los estudiantes y evaluados por el profesor de forma asíncrona. En la segunda mitad de la asignatura se utilizará el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), un método de enseñanza-aprendizaje en el que el estudiante adquiere conocimientos, habilidades y aptitudes a través de situaciones de la vida real. Los alumnos llevan a cabo un proceso de investigación y creación que termina con la elaboración de un artículo científico. El docente adopta un rol de asesor y los alumnos se responsabilizan de su aprendizaje. Con ello se busca mejorar la iniciativa y la motivación de los alumnos.

6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA ⁽¹⁾	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	15	Estudio y trabajo autónomo individual	80
Seminarios (S) / Laboratorios (L)	30		
Total presencial	45	Total no presencial	80
TOTAL presencial + no presencial			125

(1) Actividad presencial a distancia en este contexto es aquella en que el grupo sigue por videoconferencia la clase impartida por el profesor en el horario publicado para la asignatura.

7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Pruebas de conocimientos teórico-prácticos Bloque I (evaluación continua)	25%	Con la entrega de cada enunciado se informará al alumno de cada uno de los aspectos susceptibles de ser evaluados y los criterios a emplear.
Pruebas de conocimientos teórico-prácticos Bloque II (evaluación continua)	20%	Con la entrega de cada enunciado se informará al alumno de cada uno de los aspectos susceptibles de ser evaluados y los criterios a emplear.
Realización y presentación del trabajo individual (ABP)	45%	Evaluación de la calidad del trabajo y las aptitudes transversales del alumno.
Actitud y participación.	10%	Valoración de la actitud en el laboratorio y participación activa en las clases y el campus virtual.

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
 - La nota en la convocatoria ordinaria se calculará en base a los porcentajes de la tabla anterior.
- **Convocatoria extraordinaria:**
 - El alumno podrá elegir guardar la nota obtenida en la convocatoria ordinaria en los instrumentos de evaluación que desee, salvo la de actitud y participación. Los instrumentos 2 y 3 de la tabla pasarán a tener un peso de 25% y 50% respectivamente.
 - Para la evaluación del resto de competencias tendrá que realizar un examen y, en caso de renunciar a su nota del trabajo basado en ABP, un nuevo trabajo de iguales características.

8. Consideraciones finales

- El Anexo I mencionado en la guía, donde se describe la planificación detallada, se entregará al comienzo de la asignatura.