



FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

Datos de la asignatura	
Nombre completo	Métodos Diferenciales de la Inteligencia Artificial
Código	DMA-MIA-513
Título	Máster Universitario en Inteligencia Artificial por la Universidad Pontificia Comillas
Impartido en	Máster Universitario en Inteligencia Artificial [Primer Curso]
Nivel	Postgrado Oficial Master
Cuatrimestre	Semestral
Créditos	4,5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Departamento / Área	Departamento de Matemática Aplicada
Responsable	Manuel Villanueva Pesqueira

Datos del profesorado	
Profesor	
Nombre	Manuel Villanueva Pesqueira
Departamento / Área	Departamento de Matemática Aplicada
Despacho	Alberto Aguilera 25 D-[210]
Correo electrónico	mvillanueva@icai.comillas.edu

DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

Contextualización de la asignatura	
Aportación al perfil profesional de la titulación	
<p>La asignatura aporta al estudiante una base sólida en conceptos matemáticos avanzados cuya aplicación en inteligencia artificial está aún en pleno desarrollo. Al explorar herramientas como el cálculo de variaciones, las EDPs y la teoría de control desde una perspectiva aplicada, el alumno accede a una visión profunda y diferencial del funcionamiento interno de modelos inteligentes. Esta formación lo posiciona en la frontera del conocimiento actual, preparado para contribuir a los avances que están redefiniendo el papel de las matemáticas en la IA contemporánea.</p>	
Prerrequisitos	
<p>Se presupone que el estudiante posee una base matemática adecuada que incluya:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocimientos fundamentales de cálculo diferencial e integral, tanto en una como en varias variables. • Dominio de los conceptos clave del álgebra lineal, como espacios vectoriales, matrices, valores propios y resolución de sistemas de ecuaciones. • Capacidad para formular, resolver y analizar ecuaciones diferenciales ordinarias de primer y segundo orden. <p>En cuanto al componente computacional, se recomienda:</p>	



- Familiaridad con la programación científica, preferentemente en Python (con librerías como NumPy o SciPy) o MATLAB, para la implementación de simulaciones y métodos numéricos.
- Conocimientos generales sobre modelos de inteligencia artificial, en particular redes neuronales. Aunque no son imprescindibles, facilitan la comprensión de las aplicaciones que se abordarán en la asignatura.

Competencias - Objetivos

Competencias

Conocimientos o contenidos

CO01	Comprender de forma profunda los conceptos matemáticos avanzados que subyacen a la inteligencia artificial avanzada (generativa, probabilística, geométrica y por refuerzo profundo).
-------------	---

Competencias

CP01	Capacidad para definir e implementar modelos y algoritmos de inteligencia artificial, así como para interpretar y evaluar modelos propuestos en la frontera del conocimiento gracias al fundamento matemático adquirido.
-------------	--

Habilidades o destrezas

HAB01	Definir modelos matemáticos de algoritmos de inteligencia artificial avanzada y tener las bases para entender los propuestos por otros autores.
HAB07	Realizar revisiones bibliográficas a partir de fuentes documentales para el desarrollo de trabajos de investigación

BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

Contenidos – Bloques Temáticos

- **Cálculo de Variaciones:** Introducción a los conceptos clave del cálculo de variaciones, ecuaciones de Euler-Lagrange y problemas con restricciones. Se explora su relevancia en optimización y aplicaciones en inteligencia artificial.
- **Ecuaciones en Derivadas Parciales (EDPs):** Análisis de EDPs lineales y no lineales, con énfasis en problemas de contorno, ecuaciones de difusión y su aplicación en modelos de IA.
- **Teoría de Control:** Introducción a los conceptos fundamentales de la teoría de control. Estudio de la controlabilidad de sistemas dinámicos finitos y ecuaciones diferenciales parciales. Conexiones entre la Teoría de Control y la IA.

METODOLOGÍA DOCENTE

Aspectos metodológicos generales de la asignatura

La metodología de la asignatura combina exposiciones teóricas con actividades orientadas a la participación activa del alumnado. Las clases magistrales introducirán los conceptos fundamentales, pero se fomentará un enfoque dinámico en el que el estudiante tenga un papel activo en la construcción del conocimiento, a través de la discusión, la resolución de ejercicios y el análisis conjunto de ejemplos.

Asimismo, se prevé la realización de actividades prácticas que permitan aplicar los contenidos teóricos a situaciones representativas y facilitar la comprensión de su utilidad en el ámbito de la inteligencia artificial. A lo largo del curso se promoverá un aprendizaje progresivo, integrando el razonamiento matemático con la implementación computacional, de forma que el alumnado desarrolle una comprensión sólida y aplicable de los temas tratados.



Metodología Presencial: Actividades

Clases magistrales expositivas y participativas.

El profesor presentará los contenidos fundamentales de la asignatura de forma clara y estructurada, combinando la exposición teórica con un enfoque participativo que promueva la implicación activa del alumnado. A lo largo de las sesiones se fomentará el diálogo mediante preguntas que estimulen la reflexión, la identificación de ideas previas y la comprensión profunda de los conceptos.

Asimismo, se integrarán ejemplos, problemas representativos y referencias actuales que muestren cómo las herramientas matemáticas abordadas en el curso —como el cálculo de variaciones, las EDPs o la teoría de control— están siendo aplicadas en el desarrollo de modelos de inteligencia artificial. También se dedicará parte del tiempo presencial a resolver dudas planteadas por el alumnado, tanto sobre el contenido teórico como sobre los ejercicios prácticos, con el fin de fortalecer un aprendizaje autónomo y crítico.

CO01, HAB01

Ejercicios prácticos y resolución de problemas

La resolución de problemas y el desarrollo de ejercicios prácticos constituyen una parte esencial del proceso de aprendizaje en la asignatura. Estas actividades permitirán al alumnado aplicar los conceptos teóricos a situaciones concretas, afianzar los métodos matemáticos estudiados y familiarizarse con enfoques computacionales relevantes en inteligencia artificial.

Los ejercicios incluirán tanto problemas analíticos como tareas numéricas, algunos de ellos inspirados en artículos actuales o aplicaciones reales. Se plantearán de forma progresiva, comenzando por ejemplos guiados y continuando con actividades que exijan mayor autonomía y reflexión.

CO01, HAB01, HAB07

Actividades de evaluación continua del rendimiento

Se llevará a cabo una prueba de evaluación continua con el propósito de valorar de forma global el proceso de aprendizaje del estudiante y favorecer su seguimiento y mejora a lo largo del curso. Esta prueba consistirá en un examen intercuatrimestral, de entre 1 hora y 30 minutos y 2 horas de duración, que se realizará aproximadamente a mitad del cuatrimestre, en la fecha y formato que determine la Dirección de la Escuela.

Metodología No presencial: Actividades

Estudio personal

El estudio personal constituye un componente fundamental en el desarrollo de la asignatura, ya que permite consolidar los conocimientos adquiridos en clase y avanzar en la comprensión de los contenidos a un ritmo adaptado a cada estudiante. Se espera que el alumnado dedique tiempo regularmente a revisar la teoría, resolver ejercicios adicionales, profundizar en los conceptos abordados y preparar las actividades prácticas.

Asimismo, se incentivará el uso autónomo de bibliografía complementaria y la lectura de artículos científicos seleccionados, con el fin de fomentar una actitud crítica y una visión actualizada sobre el papel de las matemáticas aplicadas en la inteligencia artificial. Este trabajo individual será clave para el aprovechamiento efectivo de las sesiones presenciales y para el desarrollo de una comprensión sólida y duradera de la materia.

CO01, HAB01, HAB07

Proyectos

Como parte del proceso de evaluación y aprendizaje, se propondrá un pequeño proyecto final en grupo, con una dedicación estimada de 4 horas. El objetivo principal será aplicar, de forma integrada y creativa, alguno de



los conceptos tratados en la asignatura —como el cálculo de variaciones, las ecuaciones en derivadas parciales o la teoría de control— a una situación sencilla con conexión a la inteligencia artificial.

El formato del proyecto será flexible, permitiendo enfoques tanto analíticos como computacionales, y fomentando la capacidad del alumnado para formular problemas, explorar soluciones y comunicar sus ideas de manera clara. Se valorará especialmente la capacidad de conectar los contenidos matemáticos con contextos reales o inspirados en aplicaciones actuales de la IA. Los detalles concretos se presentarán a lo largo del curso, permitiendo adaptar el proyecto al perfil del grupo y al desarrollo de la asignatura.

CO01, HAB01, HAB07

RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO

HORAS PRESENCIALES		
AF01. Clases magistrales expositivas y participativas: exposición de contenidos fundamentales por parte del profesor impulsando la reflexión y participación del estudiante.	AF03. Ejercicios prácticos y resolución de problemas: se llevarán a cabo ejercicios prácticos y problemas que se resolverán en el aula para una mejor comprensión de los conceptos teóricos	AF04. Actividades de evaluación continua del rendimiento: desarrollo de pruebas o exámenes programados para evaluar el grado de cumplimiento de los resultados de aprendizaje
21.00	24.00	2.00
HORAS NO PRESENCIALES		
AF03. Ejercicios prácticos y resolución de problemas: se llevarán a cabo ejercicios prácticos y problemas que se resolverán en el aula para una mejor comprensión de los conceptos teóricos	AF10. Estudio personal: reflexión y análisis individual de los contenidos teóricos y prácticos de las asignaturas.	AF06. Trabajos o Proyectos: desarrollo de una solución enmarcada en la asignatura en el que el estudiante de una forma autónoma plasma la consecución de los resultados de aprendizaje mediante la metodología de aprender haciendo
48.00	30.00	4.00
CRÉDITOS ECTS: 4,5 (129,00 horas)		

EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

El uso de IA para crear trabajos completos o partes relevantes, sin citar la fuente o la herramienta o sin estar permitido expresamente en la descripción del trabajo, será considerado plagio y regulado conforme al Reglamento General de la Universidad.

Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	Peso
<p>Exámenes escritos</p> <ul style="list-style-type: none"> Examen intercuatrimestral (EI) Examen final (EF) <hr/> <p>Nota: Para aplicar las ponderaciones indicadas en el sistema de evaluación general de la asignatura será necesario cumplir las condiciones establecidas en el apartado Calificaciones (subapartados <i>Calificación en la convocatoria ordinaria</i> y <i>Calificación en la</i></p>	<p>Prueba intercuatrimestral (EI): se llevará a cabo una prueba intercuatrimestral aproximadamente a mitad del cuatrimestre. Esta prueba servirá para valorar el grado de comprensión de los contenidos abordados hasta ese momento y orientar tanto al alumnado como al profesorado sobre la evolución del aprendizaje.</p> <p>Examen final (EF): permitirá evaluar de forma global los conocimientos adquiridos a lo largo de la</p>	85 %



<i>convocatoria extraordinaria</i>).	asignatura, incluyendo su comprensión y capacidad de aplicación.	
El alumnado desarrollará un proyecto final en grupo , con una dedicación breve pero significativa. Este proyecto estará orientado a aplicar de forma integrada alguno de los conceptos trabajados durante el curso, trasladándolos a situaciones relacionadas con la inteligencia artificial.	Se valorará la claridad en el planteamiento, la coherencia en el enfoque y la capacidad de conectar la teoría con ejemplos o contextos reales.	15 %

Calificaciones

Evaluación de la Convocatoria Ordinaria

La evaluación de la asignatura se compondrá de tres notas como se indicó anteriormente: EI, EF y P.

Nota EI (sobre 10 puntos): nota obtenida por el alumno el examen intercuatrimestral.

Nota EF (sobre 10 puntos): nota obtenida por el alumno en la parte escrita del examen final.

Nota P (sobre 10 puntos): nota obtenida por el alumno en el proyecto final de asignatura.

Si la nota EF es mayor o igual a 4 , la calificación N de la signatura será:

$$N=0.7* EF+0.15*EI+0.15*P$$

siendo EF la nota N de la asignatura en otro caso.

La asignatura se aprueba en la convocatoria ordinaria si $N \geq 5$, suspendiendo la asignatura en esta convocatoria en caso contrario.

Evaluación en la convocatoria extraordinaria:

Si la nota del examen extraordinario (EE) es mayor o igual a 4 la calificación de la asignatura en la convocatoria extraordinaria viene dada por:

$$NE=0.85*EE+0.15*P$$

siendo EE la nota N de la asignatura en otro caso.

Normas de la asignatura

- El examen intercuatrimestral de la asignatura no liberará materia.
- La falta de asistencia a lo largo de todo el curso a más de un 15% de las horas lectivas de la asignatura (5 faltas de asistencia), podrá implicar para el alumno la pérdida del derecho a examinarse de la asignatura en la convocatoria ordinaria de dicho curso académico (cf. Artículo 93º. Escolaridad, del Reglamento General de la Universidad, Normas Académicas ETSI-ICAI).
- El alumno que cometa alguna irregularidad en la realización de cualquier prueba evaluable, será calificado con Suspenso (0) en dicha prueba y se le iniciará un proceso sancionador de acuerdo con el Artículo 168º. Infracciones y sanciones del alumnado, del

Reglamento General de la Universidad.

- En ningún examen de la asignatura se permitirá el uso de libros, ni de apuntes de clase.

Normas uso de IA

Se permite el uso de la IA para la búsqueda de información, planificación, síntesis, generación de ideas, estudio, redacción y presentación de los proyectos y trabajos a entregar, evaluando y modificando críticamente cualquier contenido generado por ésta, demostrando así su comprensión. En todo caso, en cualquier tarea de entrega se permite el uso de la IA en la medida prevista en los niveles 2 y 3 de la guía <https://aiassessmentscale.com/> El uso de la IA tiene que estar citado en toda tarea de entrega, explicitando el uso que se ha hecho de ésta en cada una de las partes. No se permite el uso de la IA en ningún examen de la asignatura o prueba intermedia de evaluación del rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

Bibliografía Básica

Gelfand, I. M. & Fomin, S. V. *Calculus of Variations*. Dover Publications.

Brézis, H. *Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations*. Springer,

Evans, L. C. *Partial Differential Equations*. AMS

Lewis, F. L. & Syrmos, V. L. *Optimal Control*. Wiley.

Bibliografía Complementaria

Sagan, H. *Introduction to the Calculus of Variations*. Dover Publications.

Iserles, A.: *A First Course in the Numerical Analysis of Differential Equations*. Cambridge Texts in Applied Mathematics.

Raissi, M., Perdikaris, P. & Karniadakis, G. E. (2019). *Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations*. *Journal of Computational Physics*, 378, 686–707.

Fernández-Cara, E. & Zuazua, E. (2003). *Control Theory: History, mathematical achievements an perspectives*. *SeMA Journal: Boletín de la Sociedad Española de Matemática Aplicada*, N° 26, 79–140. ISSN 2254-3902, ISSN-e 2254-3902.