



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de  
Telecomunicacion

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**95000523 - Aprendizaje Automático**

### PLAN DE ESTUDIOS

09ID - Grado En Ingenieria Y Sistemas De Datos

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	16
9. Otra información.....	17

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	95000523 - Aprendizaje Automático
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Quinto semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	09ID - Grado en Ingeniería y Sistemas de Datos
<b>Centro responsable de la titulación</b>	09 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2023-24

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Jose Manuel Pardo Muñoz	C-224	josemanuel.pardom@upm.es	Sin horario. Acordar las tutorías por correo electrónico.
Carlos Angel Iglesias Fernandez (Coordinador/a)	C-211	carlosangel.iglesias@upm.es	Sin horario. Acordar la tutoría por correo electrónico.

Oscar Araque Iborra	C-212	o.araque@upm.es	Sin horario. Acordar la tutoría por correo electrónico
Fernando Fernandez Martinez	B-109	fernando.fernandezm@upm. es	Sin horario. Acordar las tutorías por correo electrónico.

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

### 2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
Sara Lana	sara.lana@upm.es	ETSIST

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Bases De Datos Relacionales Y Datos Estructurados
- Probabilidad Y Señales Aleatorias
- Inferencia Estadística Y Series Temporales
- Programación
- Teoría De La Información
- Programación Para Big Data
- Bases De Datos No Relacionales Y Distribuidas

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado en Ingeniería y Sistemas de Datos no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CB01 - Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio

CB02 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio

CB03 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética

CB04 - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado

CB05 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

CE05 - Que los estudiantes sean capaces de analizar los requisitos e identificar los riesgos de un proyecto de ingeniería de datos y sistemas en el ámbito de la ingeniería de telecomunicación a partir de la comprensión del ciclo de vida completo del dato.

CE13 - Que los estudiantes sean capaces de aplicar sus conocimientos sobre los fundamentos de las técnicas de aprendizaje automático y de visualización de datos a la ingeniería de datos y sistemas en el ámbito de la ingeniería de telecomunicación.

CG01 - Tener capacidad de trabajar en entornos internacionales y multidisciplinares, haciendo uso de la lengua inglesa en forma oral y escrita.

CG02 - Desarrollar la capacidad de trabajar en equipo empleando metodologías ágiles para diseñar soluciones eficientes, fiables y robustas.

CG03 - Ser capaz de explicar de forma oral o escrita las soluciones planteadas para la resolución de un problema.

CG04 - Saber identificar y utilizar las herramientas de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones más adecuadas para plantear y construir soluciones a problemas

CG05 - Tener la capacidad de concebir y proponer soluciones creativas aplicando los métodos científico y de ingeniería para la definición y resolución de problemas formalizando los objetivos buscados y considerando los recursos disponibles.

CG09 - Desarrollar la capacidad de aprendizaje a lo largo de la vida (lifelong learning) para adaptarse a un sector tecnológico en continua evolución.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA093 - Conocer las técnicas más representativas y actuales de aprendizaje no supervisado, supervisado, y por refuerzo.

RA094 - Manejar las herramientas y entornos de trabajo más actuales en el ámbito del aprendizaje automático.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

El aprendizaje automático es una disciplina de la inteligencia artificial cuyo objetivo es que se pueda realizar mejor una tarea mediante la experiencia. En esta asignatura el alumno aprenderá qué es el aprendizaje automático, su evolución histórica, los principales paradigmas para diseñar métodos de aprendizaje, y las formas de evaluación de los mismos.

El aprendizaje automático es una de las tareas que habitualmente se realiza en la fase de análisis de los datos dentro del ciclo de vida del dato, tras los procesos de ingestión y preprocesamiento. El aprendizaje automático representa una gran oportunidad para que las empresas puedan conocer mejor los datos con los que operan, descubriendo nuevos patrones que les permiten valorizar estos datos y optimizar sus procesos de negocio.

Esta asignatura se enmarca en un bloque de asignaturas que desarrollan la materia de aprendizaje automático, y sigue un enfoque teórico-práctico, complementándose con actividades prácticas.

En esta materia el alumno

- Conocerá las técnicas más representativas y actuales de aprendizaje no supervisado, supervisado, y por refuerzo.

- Aprenderá a programar y manejar las herramientas y entornos de trabajo más actuales en el ámbito del aprendizaje automático.
- Aprenderá a desarrollar un proyecto completo de aprendizaje automático, incluyendo todas las fases del ciclo de vida del dato.

## 5.2. Temario de la asignatura

### 1. Introducción

- 1.1. Introducción. Taxonomía y tipos de modelos de aprendizaje automático.
- 1.2. Evaluación, selección y optimización de modelos. Métricas y proceso de evaluación.

### 2. Modelado

- 2.1. Tipos de modelado: geométrico, gráfico, bayesiano, árbol, neuronal y evolutivo.
- 2.2. Modelado geométrico. Modelos lineales (perceptrón, SVM) y de distancia (kNN, k-means).
- 2.3. Modelado en árbol (ID3) y de ensamblado (bagging, boosting y stacking).
- 2.4. Modelado evolutivo. Tipos de algoritmos evolutivos. Algoritmos genéticos.

### 3. Aprendizaje supervisado

- 3.1. Clasificación y regresión.
- 3.2. Regresión lineal y descenso de gradiente.

### 4. Redes neuronales

- 4.1. Concepto de Red Neuronal. Tipos de redes (perceptrón, prealimentadas o progresivas, recurrentes y convolucionales). Aplicaciones. Aprendizaje profundo.
- 4.2. Perceptrón multicapa. Retropropagación.

### 5. Aprendizaje no supervisado

- 5.1. Agrupamiento. Análisis k-means. DBSCAN.
- 5.2. Reglas de asociación. Algoritmo APriori.
- 5.3. Reducción de dimensionalidad. PCA. SVD.
- 5.4. Selección de características de forma no supervisada.

### 6. Aprendizaje por refuerzo

- 6.1. Concepto de Aprendizaje por Refuerzo. Procesos de Decisión Markovianos.
- 6.2. Implementaciones con conocimiento del modelo. Programación dinámica. Iteración por valores y por políticas. Implementaciones sin conocimiento del modelo. Q-Learning.

### 6.3. Aplicaciones y nuevas direcciones en aprendizaje por refuerzo.



## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Tema 1. Introducción</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Tema 2. Modelado</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Tema 1. Introducción</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>PEI1</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 00:00
3	<b>Tema 3. Aprendizaje supervisado</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	<b>Tema 3. Aprendizaje supervisado.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Tema 2. Modelado</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>PEI2</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua Presencial Duración: 00:00
5	<b>Tema 3. Aprendizaje supervisado</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	<b>Tema 4. Redes neuronales</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Tema 3. Aprendizaje supervisado.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>PEI3</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua Presencial Duración: 00:00
7	<b>Tema 4. Redes neuronales</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
8	<b>Tema 4. Redes neuronales</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>PEI4</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua Presencial Duración: 00:00
9	<b>Tema 5. Aprendizaje no supervisado</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>PEG1</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 01:00  <b>E1</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua Presencial Duración: 01:00

10	<b>Tema 5. Aprendizaje no supervisado</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11	<b>Tema 5. Aprendizaje no supervisado</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Tema 5. Aprendizaje no supervisado.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
12	<b>Tema 6. Aprendizaje por refuerzo</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>PEI5</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua Presencial Duración: 00:00
13	<b>Tema 6. Aprendizaje por refuerzo</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Tema 6. Aprendizaje por refuerzo.</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		
14	<b>Tema 6. Aprendizaje por refuerzo</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Tema 6. Aprendizaje por refuerzo.</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>PEG2</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 02:00  <b>PEI6</b> PI: Técnica del tipo Presentación Individual Evaluación continua Presencial Duración: 00:00
15				
16				
17				<b>E2</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 01:00  <b>PEI1, PEI2, PEI3, PEI4, PEI5, PEI6</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 00:00  <b>E1</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 00:30

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	PEI1	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	5%	/ 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG03 CG04 CG05 CG09 CE05 CE13
4	PEI2	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	00:00	5%	/ 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG03 CG04 CG05 CG09 CE05 CE13
6	PEI3	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	00:00	5%	/ 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG03 CG04 CG05 CG09 CE05 CE13

8	PEI4	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	00:00	5%	/ 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG03 CG04 CG05 CG09 CE05 CE13
9	PEG1	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	01:00	10%	3 / 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CG01 CG03 CG04 CG05 CG09 CE05
9	E1	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	01:00	30%	3 / 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG03 CG04 CG05 CG09 CE05 CE13
12	PEI5	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	00:00	5%	/ 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG03 CG04 CG05 CG09 CE05 CE13
14	PEG2	PG: Técnica del tipo	Presencial	02:00	10%	3 / 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG02

		Presentación en Grupo					CG03 CG04 CG05 CG09 CE05 CE13
14	PEI6	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	00:00	5%	/ 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG03 CG04 CG05 CG09 CE05 CE13
17	E2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	20%	3 / 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG03 CG04 CG05 CG09 CE05 CE13

### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
9	PEG1	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	01:00	10%	3 / 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CG01 CG03 CG04 CG05 CG09 CE05
14	PEG2	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	10%	3 / 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG02 CG03 CG04

							CG05 CG09 CE05 CE13
17	E2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	20%	3 / 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG03 CG04 CG05 CG09 CE05 CE13
17	PEI1, PEI2, PEI3, PEI4, PEI5, PEI6	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	30%	/ 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG03 CG04 CG05 CG09 CE05 CE13
17	E1	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	00:30	30%	3 / 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG03 CG04 CG05 CG09 CE05 CE13

**7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria**

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
E1	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	00:30	30%	3 / 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CG01 CG03 CG04 CG05 CG09 CE05 CE13
E2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	20%	3 / 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG03 CG04 CG05 CG09 CE05 CE13
PEI1, PEI2, PEI3, PEI4, PEI5, PEI6	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	30%	/ 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG03 CG04 CG05 CG09 CE05 CE13
PEG1	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	00:00	10%	3 / 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG02 CG03 CG04 CG05 CG09 CE05 CE13

PEG2	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	00:00	10%	3 / 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG02 CG03 CG04 CG05 CG09 CE05 CE13
------	--	------------	-------	-----	--------	--

## 7.2. Criterios de evaluación

La evaluación progresiva se encuentra formada por diez pruebas/actividades, que se muestran en la tabla siguiente (nombre prueba, tipo prueba, contenido evaluado y peso sobre nota final) según un orden cronológico:

PEI1. Primera práctica	Práctica individual	Tema 1	5%
PEI2. Segunda práctica	Práctica individual	Tema 2	5%
PEI3. Tercera práctica	Práctica individual	Tema 3	5%
PEI4. Cuarta práctica	Práctica individual	Tema 4	5%
PEG1. Primera práctica grupal	Trabajo y presentación en grupo	Temas del 1 al 4	10%
E1. Primer examen	Examen tipo test	Temas del 1 al 4	30%
PEI5. Quinta práctica	Práctica individual	Tema 5	5%
PEI6. Sexta práctica	Práctica individual	Tema 6	5%
PEG2. Segunda práctica grupal	Trabajo y presentación en grupo	Temas 5 y 6	10%
E2. Segundo examen	Examen	Temas 5 y 6	20%



La nota final se calculará a partir de la calificación obtenida en cada una de las pruebas, aplicando los siguientes criterios:

1. La calificación de las pruebas de evaluación individuales (PEI1- PEI6) se obtendrá a partir de las prácticas entregadas.
2. La calificación de las pruebas de evaluación grupales (PEG1 y PEG2) se obtendrá a partir de las prácticas entregadas.
3. Para superar la asignatura:

- a) se deberá haber alcanzado una calificación mínima de 5 puntos en la nota final.
- b) se deben obtener, al menos, 3 puntos sobre 10 en la calificación de cada examen E1 y E2.
- c) se deben haber entregado todas las prácticas individuales (PEI1, PEI2, PEI3, PEI4, PEI5 y PEI6).
- d) se deben obtener, al menos, 3 puntos sobre 10 en la calificación de cada prueba en grupo (PEG1 y PEG2)

4. Aquellos estudiantes que habiendo obtenido una nota final igual o superior a 5 puntos no satisfagan los criterios b), c) o d), serán calificados con 4.5 puntos.

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura. Por tanto, la evaluación en la convocatoria ordinaria (progresiva o global) y extraordinaria usará los mismos tipos de técnicas evaluativas que en la evaluación de la convocatoria ordinaria. Es decir, se aplicarán los mismos pesos a las pruebas realizadas en todas las convocatorias.

Las pruebas en grupo (PEG1 y PEG2) no son recuperables, y todos los alumnos debe realizarlas en las mismas fechas que los alumnos de evaluación progresiva, independientemente de si realizan evaluación progresiva o global.

En la **evaluación global** se deberán entregar todas las pruebas de la evaluación progresiva: las prácticas (PEI1,PEI2,PEI3,PEI4,PEI5,PEI6) y realizar los exámenes (E1, E2). Para superar la asignatura se aplican los mismos criterios que en la evaluación progresiva.

En la **evaluación extraordinaria** se deberán entregar todas las pruebas de la evaluación progresiva: las prácticas

(PEI1,PEI2,PEI3,PEI4,PEI5,PEI6), las prácticas grupales (PEG1 y PEG2), y realizar los exámenes (E1, E2). Para superar la asignatura se aplican los mismos criterios que en la evaluación ordinaria.

Los exámenes tipo test no se publicarán dado que cada alumno responde a preguntas aleatorias de un banco de preguntas.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Artificial Intelligence, A Modern Approach, 3rd Ed, Russell & Norvig, Prentice Hall, 2016.	Bibliografía	
Machine Learning: The Art and Science of Algorithms that Make Sense of Data, Peter Flach, CUP, 2012.	Bibliografía	
Python Machine Learning, S. Raschka, Packt, 2015.	Bibliografía	
Reinforcement Learning: an Introduction, Sutton & Barto, MIT, 2018.	Bibliografía	
Genetic Algorithms Essentials, Kramer, Springer, 2017.	Bibliografía	
Machine Learning with Scikit-learn Quick Start Guide: Classification, regression, and clustering techniques in Python, Jolly, Packt, 2018.	Bibliografía	

Hands-On Intelligent Agents with OpenAI Gym: Your guide to developing AI agents using deep reinforcement learning, Palanisamy, Packt, 2018	Bibliografía	
--	--------------	--

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

El aprendizaje automático es ampliamente empleado en las tecnologías de la información y la comunicación. Se fomentará la aplicación de estas técnicas para la modernización de infraestructuras fiables, sostenibles y de calidad para contribuir al objetivo de desarrollo sostenible 9, contribuyendo al compromiso de la Universidad Politécnica de Madrid de implantar institucionalmente los compromisos de desarrollo sostenibles.