



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

95000531 - Procesado Avanzado De Señales Y Datos

### PLAN DE ESTUDIOS

09ID - Grado En Ingenieria Y Sistemas De Datos

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	12
9. Otra información.....	14

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	95000531 - Procesado Avanzado de Señales y Datos
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Sexto semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<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 Técnica 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>
Santiago Zazo Bello (Coordinador/a)	C-326	santiago.zazo@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico
Juan Parras Moral	C-303	j.parras@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico

Jose Luis Blanco Murillo	C-323	jl.blanco@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico
--------------------------	-------	------------------	--

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

### 3. Conocimientos previos recomendados

---

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

- Probabilidad Y Señales Aleatorias
- Análisis De Señales
- Inferencia Estadística Y Series Temporales
- Aprendizaje Automático

#### 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

CE12 - Que los estudiantes conozcan y sepan diseñar los procedimientos para seleccionar, limpiar y transmitir datos relevantes de una forma fiable y eficiente.

CE14 - Que los estudiantes sepan aplicar las técnicas de tratamiento de señales analógicas y digitales para preservar y extraer la información relevante de las señales en la fase de adquisición y generación de datos.

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

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.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA103 - Conocer las técnicas de generación de distribuciones arbitrarias utilizando arquitecturas profundas.

RA102 - Diseñar, implementar y aplicar las técnicas y herramientas más representativas y actuales de aprendizaje no supervisado, semisupervisado y supervisado, con y sin refuerzo, incluyendo redes neuronales profundas.

RA101 - Comprender la relación entre la complejidad de los modelos de aprendizaje, las características de los datos de entrenamiento y el sobreajuste, y conocer los mecanismos para evitarlo.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Esta asignatura complementa otras anteriores en el ámbito del aprendizaje automático desarrollando tres bloques de temas con contenidos más avanzados que posibilitaran al estudiante abordar objetivos más ambiciosos en posteriores asignaturas como Proyectos de Ingeniería de Datos y el propio Trabajo Fin de Grado. Estos bloques son:

1. Modelos generativos cuya finalidad es diseñar algoritmos capaces de generar muestras de la misma distribución a otras dadas. Para ello se empezará describiendo un planteamiento clásico para después abordar técnicas avanzadas basadas en redes neuronales profundas.

2. Técnicas avanzadas de aprendizaje donde se incluyen conceptos innovadores de aprendizaje con una enorme proyección e interés como Representation Learning que proponen técnicas de aprendizaje de características, el aprendizaje por transferencia (Transfer Learning) para compartir conocimiento abstracto entre tareas distintas, el aprendizaje multitarea (MultiTask Learning) para dotar a las máquinas de la capacidad de aprender simultáneamente varias tareas o el Meta-Learning para aprender a aprender.

3. Aprendizaje en sistemas dinámicos que se aborda como modelos basados en procesos de decisión de Markov. Enpezando por un planteamiento clásico, se hará especialmente énfasis igualmente en algoritmos que usen redes neuronales profundas.

En estos objetivos se intercalan desarrollos teóricos, ejercicios y programas en Python / Keras / Tensorflow / Torch. En las sesiones de prácticas se describe el código, el alumno tiene un periodo para reflexionar sobre el mismo, realizar ciertas variaciones y posteriormente puede completar su entendimiento mediante trabajo personal fuera del aula. Las temáticas se centrarán en aplicaciones de ingeniería como imágenes, vídeo, audio, texto, señales biológicas?

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Modelos generativos. Introducción y modelado matemático
  - 1.1. Fundamentos matemáticos
  - 1.2. Distribuciones matemáticas más importantes
  - 1.3. Modelos Probabilísticos estructurados
  - 1.4. Muestreo
2. Inferencia aproximada en Machine Learning
  - 2.1. Estimación de Máxima Verosimilitud (sin y con variables ocultas)
  - 2.2. Inferencia bayesiana (propiedad de conjugación y aproximación variacional).
3. Modelos generativos profundos
  - 3.1. Modelos de Flujo (Normalizing Flows)
  - 3.2. Autocodificadores Variacionales (Variational Autoencoders)
  - 3.3. Redes Generativas Adversarias (Generative Adversarial Networks)
4. Aprendizaje de representaciones (Representation Learning)
5. Aprendizaje por Transferencia y Multitarea (Transfer / Multitask Learning)
6. MetaAprendizaje (MetaLearning)
7. Sistemas dinámicos y procesos de Markov
8. Control óptimo y Programación Dinámica
9. Aprendizaje por Refuerzo
  - 9.1. Problemas de baja dimensionalidad en espacios discretos
  - 9.2. Aprendizaje por Refuerzo profundo sin modelo
  - 9.3. Aprendizaje por refuerzo profundo con modelo.

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Presentación, Tema 1</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Tema 1 y Tema 2</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas de estimación de máxima verosimilitud</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
3	<b>Tema 2</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas de inferencia bayesiana clásica</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
4	<b>Tema 2</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas de inferencia Bayesiana variacional</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5	<b>Tema 3</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas de modelos de flujo</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
6	<b>Tema 3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas de autocodificadores variacionales y redes generativas adversarias</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
7	<b>Tema 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas de aprendizaje de representación</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
8	<b>Tema 5</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas de aprendizaje por transferencia (2 horas)</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Primer parcial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00
9	<b>Tema 5</b> Duración: 00:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas de aprendizaje multitarea</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		

10	<b>Tema 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Prácticas de meta-learning</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
11	<b>Tema 7 y Tema 8</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
12	<b>Tema 8 y Tema 9</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica de programación dinámica</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
13	<b>Tema 9</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica de aprendizaje por refuerzo</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
14	<b>Tema 9</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Práctica de aprendizaje por refuerzo</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
15				
16				
17				<p><b>Segundo parcial</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p> <p><b>Entrega de un blog desarrollando algunas de las aplicaciones expuesta en clase</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 00:00</p> <p><b>Examen ordinario</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:00</p>

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
8	Primer parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	3.5 / 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG03 CG04 CG05 CE12 CE14
17	Segundo parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	40%	3.5 / 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG03 CG04 CG05 CE12 CE14
17	Entrega de un blog desarrollando algunas de las aplicaciones expuesta en clase	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	20%	3.5 / 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG03 CG04 CG05 CE12 CE14

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Entrega de un blog desarrollando algunas de las aplicaciones expuesta en clase	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	20%	3.5 / 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG03 CG04 CG05 CE12 CE14
17	Examen ordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	80%	5 / 10	CB03 CB04 CB05 CG03 CG04 CG05 CE12 CE14

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen extraordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	80%	5 / 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG03 CG04 CG05 CE12 CE14
Entrega de un blog con desarrollos similares a los expuestos en clase	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	20%	3.5 / 10	CB01 CB02 CB03 CB04 CB05 CG01 CG03 CG04



## Evaluación por prueba global

Una evaluación de la primera parte donde se plantearán ejercicios teórico-prácticos similares a los propuestos en clase. Es necesario sacar al menos 3.5 sobre 10 puntos para hacer media.

Una segunda evaluación de la segunda y tercera parte de la asignatura donde se plantearán ejercicios teórico-prácticos similares a los propuestos en clase. En necesario sacar al menos 3.5 sobre 10 puntos para hacer media.

Para la evaluación de la parte práctica, cada alumno programará un blog desarrollando en detalle alguno de los aspectos esenciales de la asignatura. Este blog debe estar finalizado el día de la fecha del examen ordinario. Será necesario sacar al menos 3.5 sobre 10 puntos para hacer media.

Siempre que se alcance la nota mínima en todas las partes, la nota final se obtendrá como sigue:

$$\text{Nota\_final} = \text{Primera\_parte} \times 0.4 + \text{Segunda\_y\_Tercera\_parte} \times 0.4 + \text{Blog} \times 0.2$$

En caso contrario, la nota que figurará en el acta será la mínima de las tres partes

La calificación del blog podrá requerir una evaluación oral complementaria por parte del profesor para validar que se ha realizado por el alumno sin ayuda de sistemas de AI

## Convocatoria extraordinaria

El procedimiento es análogo a la evaluación por prueba final. Consta de una evaluación de la primera parte donde se plantearán ejercicios teórico-prácticos similares a los propuestos en clase. Es necesario sacar al menos 3.5 sobre 10 puntos para hacer media.

Igualmente, se incluye una segunda evaluación de la segunda y tercera parte de la asignatura donde se plantearán ejercicios teórico-prácticos similares a los propuestos en clase. En necesario sacar al menos 3.5 sobre 10 puntos para hacer media.

Para la evaluación de la parte práctica, cada alumno programará un blog desarrollando en detalle alguno de los aspectos esenciales de la asignatura. Este blog debe estar finalizado el día de la fecha del examen extraordinario. Será necesario sacar al menos 3.5 sobre 10 puntos para hacer media.

Siempre que se alcance la nota mínima en todas las partes, la nota final se obtendrá como sigue:

$Nota\_final = Primera\_parte \times 0.4 + Segunda\_y\_Tercera\_parte \times 0.4 + Blog \times 0.2$

En caso contrario, la nota que figurará en el acta será la mínima de las tres partes.

La calificación del blog podrá requerir una evaluación oral complementaria por parte del profesor para validar que se ha realizado por el alumno sin ayuda de sistemas de AI

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Apuntes de la asignatura	Bibliografía	Material básico incluyendo ejercicios resueltos y transparencias
Machine Learning: A Probabilistic: an Introduction, 2022. The MIT Press. Kevin P. Murphy.	Bibliografía	Libro de consulta
Machine Learning: A Probabilistic: Advanced Topics, 2023. The MIT Press. Kevin P. Murphy.	Bibliografía	Libro de consulta
Pattern Recognition and Machine Learning. Spinger, 2006. Christopher M. Bishop	Bibliografía	Libro de consulta
Deep Learning 2016. The MIT Press. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville	Bibliografía	Libro de consulta

Artificial Intelligence. A modern approach. S. Russell, P. Norvig. Pearson 2016.	Bibliografía	Libro de consulta
Deep Reinforcement Learning Hands-On: Apply Modern RL Methods, With Deep Q-Networks, Value Iteration, Policy Gradients, TRPO, AlphaGo Zero And More, 2018. Packt. Maxim Lapan.	Bibliografía	Libro de consulta
Vincent François-Lavet, Peter Henderson, Riashat Islam, Marc G. Bellemare and Joelle Pineau (2018), ?An Introduction to Deep Reinforcement Learning?, Foundations and Trends in Machine Learning: Vol. 11, No. 3-4. DOI: 10.1561/22000000071	Bibliografía	Libro de consulta

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

En términos más generales, la matemática aplicada se emplea de forma exhaustiva en ingeniería y, en particular, incidirá en todo lo relativo a las infraestructuras de telecomunicaciones (ODS 9). La asignatura ayudará también a los subobjetivos 4.4: Aumentar considerablemente el número de personas con las competencias profesionales y técnicas necesarias para acceder al empleo y al emprendimiento; y 4.7: Asegurar que todos los estudiantes adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible.