



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

**93000947 - Aprendizaje Bio-Inspirado**

### PLAN DE ESTUDIOS

09AT - Master Universitario En Teoria De La Señal Y Comunicaciones

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - Segundo 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.....	5
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	14
9. Otra información.....	15

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	93000947 - Aprendizaje Bio-Inspirado
<b>No de créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Segundo semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Inglés/Castellano
<b>Titulación</b>	09AT - Master Universitario en Teoría de la Señal y Comunicaciones
<b>Centro responsable de la titulación</b>	09 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2024-25

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Diego Andina De La Fuente	C-310	d.andina@upm.es	Sin horario. Appointment arranged by email
Juan Isidoro Seijas Martinez- Echevarria	C-319	juan.seijas@upm.es	Sin horario. Appointment arranged by email

Juan Ignacio Godino Llorente (Coordinador/a)	C-312	ignacio.godino@upm.es	Sin horario. Appointment arranged by email
Jose Luis Blanco Murillo	C-331	jl.blanco@upm.es	Sin horario. Appointment arranged by email
Eduardo Lopez Gonzalo	C-330	eduardo.lopez@upm.es	Sin horario. Appointment arranged by email
Luis Alfonso Hernandez Gomez	C-330	luisalfonso.hernandez@upm. es	Sin horario. Appointment arranged by email

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

## 2.2. Personal investigador en formación o similar

Nombre	Correo electrónico	Profesor responsable
Guerrero Lopez, Alejandro Jorge	alejandro.guerrero@upm.es	Godino Llorente, Juan Ignacio

## 2.3. Profesorado externo

Nombre	Correo electrónico	Centro de procedencia
Juan Luis Fernández Martínez	jlf@uniovi.es	Universidad de Oviedo

## 3. Conocimientos previos recomendados

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

- Fundamentos De OptimizaciÓn
- Tratamiento De Señal Multimedia
- Teoría De La InformaciÓn
- Tratamiento Estadístico De Señales

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

- Probability and Estimation Theory for Engineers
- Digital Signal Processing fundamentals
- Knowledge of MATLAB
- Computer Science fundamentals
- Signal Processing fundamentals
- Knowledge of Python

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CB06 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB07 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CB08 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB09 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo

CE01 - Analizar y aplicar técnicas para el diseño y desarrollo avanzado de equipos y sistemas, basándose en la teoría de la señal y las comunicaciones, en un entorno internacional

CE02 - Evaluar y sintetizar los resultados de un trabajo en equipo en proyectos relacionados con la teoría de la señal y las comunicaciones, en un entorno internacional.

CETFM - Capacidad de realizar un trabajo o proyecto integrando y relacionando las competencias adquiridas en las distintas asignaturas del máster, junto con la capacidad de defenderlo en público ante un grupo de personas expertas en el tema del trabajo

CT01 - Capacidad para comprender los contenidos de clases magistrales, conferencias y seminarios en lengua inglesa

CT03 - Capacidad para adoptar soluciones creativas que satisfagan adecuadamente las diferentes necesidades planteadas

CT04 - Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo

CT05 - Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA46 - Knowledge of using the methods for real-world applications and coding your own algorithms.

RA34 - Capability to develop and evaluate machine-learning techniques and to design big data learning systems

RA44 - To develop an understanding of the concepts and mathematical properties of Biological signal and systems to model them as artificial systems

RA45 - To achieve insight in biologically inspired as well as traditional machine learning methods for search, optimization and classification

RA41 - Ability to select and apply adequate machine learning techniques to large-scale multimedia datasets and evaluate their performance

RA42 - knowledge on Big Data technologies and their application to multimedia content

RA7 - Capacidad para desarrollar y evaluar técnicas de aprendizaje automático y diseñar sistemas de aprendizaje para datos masivos

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

This course aims to develop biologically inspired approaches to machine learning. The course begins with an introduction to Intelligent Systems in Nature. The course gradually covers the key features of biological and natural signals that are characterized by complexity, imprecision, and chaotic behavior, in order to understand how to select the appropriate signal processing and data mining methods for signal processing. Once the differences between the artificial and natural worlds are understood, it addresses the role of artificial neural networks in machine learning and introduces the fundamental principles of neurocomputing systems and biological learning modelling. But intelligence in Nature is not limited to brains made up of neurons. There is also collective intelligence and learning, so swarm systems are studied as a source of biological inspiration based on emergent intelligent collective behaviours and learning. The course lets the student practice bio-inspired techniques in different multidisciplinary application scenarios. As an added value, this course paves the way for students to add bio-inspired competitive and cooperative advantages in their future professional activities.

### 5.2. Temario de la asignatura

1. Introduction
  - 1.1. Presentation
  - 1.2. Bioinspired Learning, a key to the origin, present and future of Machine Learning
  - 1.3. Introduction to P and NP problems
  - 1.4. Introduction to fractals
2. From artificial to bio-inspired neural networks
  - 2.1. From basic neuronal physiology to artificial models
  - 2.2. Spiking neural networks
  - 2.3. Practical exercise
3. Biological Information and Computing: successful imprecision and complexity processing
  - 3.1. Fractality and Fuzziness in Nature
  - 3.2. Fractal Properties and Scalability
  - 3.3. Natural Data Clustering

- 3.4. The concept and relevance of Atypicality in Big Data
- 3.5. Fractals & Chaos
- 3.6. Forming successful Work Teams: Collaboration and competition rules for creativity and sustainability
- 3.7. Lab Practice: Data Mining Atypical Data
- 4. Neuroengineering: From Biological Learning to Artificial Design
  - 4.1. Neuroengineering: the bridge between natural and artificial brains
  - 4.2. Supervised, unsupervised and reinforced Learning in Artificial Neural Networks
  - 4.3. Automated classification and decision
  - 4.4. Integration of networks and Deep Networks
  - 4.5. Plasticity and Metaplasticity of neurons for Bioinspired Deep Learning implementation
  - 4.6. Case study: The Koniocortex-Like Network
  - 4.7. Lab. Practice on real bioinspired network for multidisciplinary applications
- 5. Collective (emergent) Intelligence
  - 5.1. Evolutionary Computation, Genetics Algorithms
  - 5.2. Swarm Intelligence
  - 5.3. Ant Colony Optimization (ACO), Bees Algorithm
  - 5.4. Particle Swarm Optimization (PSO)
  - 5.5. System of Systems Engineering, a technology for the 21st Century Technological Revolution
- 6. Multidisciplinary Applications
  - 6.1. Case Studies. Learning from real databases and taking complex decisions for: Management, Ecology, Medicine, Business, Education, an almost any multidisciplinary field.
  - 6.2. Student selection of applications to be successfully solved by bioinspired systems
- 7. Practice Classes
  - 7.1. Final Work Orientation and presentation of proposals brainstormed by class



## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Introduction to the course</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>From basic neuronal physiology to artificial models</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>Spiking neural networks</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Spiking Neural Networks (Practical exercise)</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			
3	<p><b>Biological Information in Nature: Fractal and Fuzzy Processing</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Lab Practice</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>Neuroengineering: from biological learning to artificial design</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p><b>Neuroengineering: from biological learning to artificial design</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Lab Practice</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p><b>Genetics algorithms</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Genetics algorithms (practical exercise)</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			

5	<p><b>Collective Intelligence. Ant Colony Optimization (ACO), Bees Algorithm</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Brianstorming on final works</b> Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			
6	<p><b>Collective Intelligence. Particle Swarm Optimization (PSO)</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Collective Intelligence. Particle Swarm Optimization (PSO) (Practical exercise)</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			
7	<p><b>Multidisciplinary Applications</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Practical development</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> <p><b>Attendance and participation in class</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>			<p><b>Practical development</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p> <p><b>Practical Report</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva No presencial Duración: 02:00</p> <p><b>Attendance and Participation in class</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p>
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				<p><b>Written examination</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 03:00</p> <p><b>Individual Final Work plus final examination</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Global Presencial Duración: 07:00</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.

## 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
7	Practical development	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	Presencial	02:00	30%	/ 10	CB08 CB09 CT03 CETFM CE02 CT04 CE01 CT05 CB10
7	Practical Report	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	02:00	30%	/ 10	CB08 CB07 CT03 CB06 CETFM CE02 CT04 CT05 CB10
7	Attendance and Participation in class	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	02:00	20%	/ 10	CT01 CB09
17	Written examination	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	20%	5 / 10	CB08 CB09 CT01 CB07 CT03 CB06 CETFM CE02 CT04 CE01 CT05 CB10

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Individual Final Work plus final examination	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	07:00	100%	5 / 10	CB08 CB09 CT01 CB07 CT03 CB06 CETFM CE02 CT04 CE01 CT05 CB10

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Extraordinary examination will be carried out exclusively by the final assessment method	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	02:30	100%	5 / 10	CB08 CB09 CT01 CB07 CT03 CE02 CT04 CT05

## 7.2. Criterios de evaluación

Students will be qualified through continuous evaluation by default. According to the "Normativa de Evaluación del Aprendizaje de la Universidad Politécnica de Madrid", students will perform a final examination. Their performance will be progressively evaluated through laboratory practices and individual work scores.

Evaluation will assess if students have acquired all the competencies of the subject. Thus, evaluation through final assessment will be carried out considering all the evaluation techniques used in continuous evaluation (EX, ET, TG, etc.), and will be celebrated in the exam period approved by Junta de Escuela for the current academic semester and year. Evaluation activities that assess learning outcomes that cannot be evaluated through a single exam can be carried out during the semester.

The extraordinary examination will be carried out exclusively by the final assessment method.

### A. ORDINARY CALL

#### PROGRESSIVE EVALUATION:

**EXAMINATION:** Students will participate individually and in teams to cooperate in common tasks. They will prepare and deliver presentations and written tasks.

#### **EVALUATION PARAMETERS:**

- Technical (Expert Thinking)
- Presentations (Flipped Classroom)
- Team Work and Brainstorming (Divergent thinking)
- Attitude & participation in class (Soft skills: Motivation, Maturity, leadership, etc)

**30%**

- **Practice results** (Experiential Learning - Lab)

**30%**

- **Individual final work and Examination:**

**40 %**

**FINAL INDIVIDUAL WORK:** in the last week of courses (17th week) the students will deliver a final individual work about a modern neuroengineering application and

MAXIMUM SCORE 20% OF TOTAL. The remaining 20% will be scored by the final examination.

TOTAL 100 %

## GLOBAL EVALUATION:

The global examination will be carried out exclusively by the final assessment method: a written exam with a maximum score of 100%.

### **B. EXTRAORDINARY EVALUATION:**

The extraordinary examination will be carried out exclusively by the final assessment method: a written exam with a maximum score of 100%. Just in the same way as the global examination in the ordinary call.

### **Academic fraud:**

Any assessment or report may require a complementary oral assessment by the professor in order to validate that

the task has been done by the student without help. According to the current assessment norms at UPM, if academic fraud is detected on any assessment, the student(s) will receive a grade of zero in the final grade of the examination to which the assessment belonged (ordinary or extraordinary).

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Bio-Inspired Artificial Intelligence Theories, Methods, and Technologies, MIT Press, Dario Floreano and Claudio Mattiussi, 2008	Bibliografía	
Introduction to Evolutionary Computing, 2nd Edition, by A. E. Eiben and J. E. Smith, Springer 2015	Bibliografía	
Evolutionary Optimization Algorithms, by D. Simon, Wiley 2013	Bibliografía	
Notebooks in the Moodle space of the course	Otros	
Scientific papers about specific applications linked with the course	Bibliografía	
PowerPoint Presentations available in the Moodle space of the course	Otros	



## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

The course is best enjoyed if students have their own access to a PC computer.

This matter contributes to the development of the following Sustainable Development Goals (SDGs):

SDG 4: ensure inclusive and equitable quality education and promote lifelong learning opportunities for all.

SDG 8: achieve full and productive employment and decent work for all women and men, including for young people and persons with disabilities, and equal pay for work of equal value.

SDG 10: reduce inequality within and among countries.

SDG 17: partnerships for the goals.