

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

<b>Asignatura</b>	NEUROINGENIERÍA		
<b>Materia</b>	ANÁLISIS DE DATOS BIOMÉDICOS		
<b>Módulo</b>	--		
<b>Titulación</b>	MÁSTER EN INGENIERÍA BIOMÉDICA		
<b>Plan</b>	723	<b>Código</b>	55383
<b>Periodo de impartición</b>	2º CUATRIMESTRE	<b>Tipo/Carácter</b>	OPTATIVA
<b>Nivel/Ciclo</b>	MÁSTER	<b>Curso</b>	1º
<b>Créditos ECTS</b>	4,5 ECTS		
<b>Lengua en que se imparte</b>	CASTELLANO		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	ROBERTO HORNERO SÁNCHEZ BELÉN CARRO MARTÍNEZ CARLOS GÓMEZ PEÑA JESÚS POZA CRESPO		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	<a href="mailto:roberto.hornero@uva.es">roberto.hornero@uva.es</a> , <a href="mailto:belen.carro@uva.es">belen.carro@uva.es</a> , <a href="mailto:c.gomez@uva.es">c.gomez@uva.es</a> , <a href="mailto:jesus.poza.crespo@uva.es">jesus.poza.crespo@uva.es</a>		
<b>Departamentos</b>	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		
<b>Fecha de revisión por el Comité de Título</b>	24 de junio de 2024		

## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

### 1.1 Contextualización

Esta asignatura se imparte en el segundo cuatrimestre del Máster de Ingeniería Biomédica, como parte de la materia “Análisis de Datos Biomédicos”, que consta de tres asignaturas optativas (Big Data en el Ámbito de la Salud, Adquisición y Procesado de Imagen de Resonancia Magnética y Neuroingeniería).

La asignatura introduce nuevas técnicas que permiten estudiar la organización, la estructura y el comportamiento del cerebro, así como las interacciones entre éste y los restantes sistemas biológicos del cuerpo humano. Los contenidos abarcan los fundamentos básicos del análisis de redes complejas y el análisis multiescala, haciendo hincapié en la red cerebral y en las jerarquías de organización neurales (tiempo, frecuencia, espacio). Asimismo, se abordan diferentes métodos para poder integrar información multimodal procedente de diversos datos biológicos y cuantificar las relaciones entre los sistemas fisiológicos subyacentes. La asignatura pretende por tanto que los alumnos sean capaces de identificar y aplicar métodos y técnicas novedosas para explorar las complejas interacciones que se producen en el cuerpo humano, tanto a nivel de señal como de sistema fisiológico. Adicionalmente, se estudiarán las bases de los sistemas Brain–Computer Interface (BCI), que monitoriza la actividad cerebral del usuario y detecta sus intenciones mediante el procesado de la señal en tiempo real. Los sistemas BCI ofrecen una realimentación constante que permite restaurar (e.g., rehabilitación de ictus, entrenamiento cognitivo) o sustituir (e.g., control de dispositivos o aplicaciones en personas con discapacidad) las órdenes del sistema nervioso central.

### 1.2 Relación con otras materias

Esta asignatura está relacionada con las asignaturas “Inteligencia Artificial y Datos Biomédicos”, en la que se estudian modelos de ayuda a la toma de decisiones clínicas mediante la aplicación de métodos de inteligencia artificial sobre señales biomédicas de diferente naturaleza, “Big Data en el Ámbito de la Salud”, que se ocupa del procesado multidimensional de conjuntos masivos de datos de naturaleza clínica bajo el enfoque de Big Data, “Adquisición y Procesado de Imagen de Resonancia Magnética”, donde se estudian diferentes métodos de procesado de resonancia magnética, “Mecanismos de Regulación en Sistemas Fisiológicos”, en la que se estudian los mecanismos de homeostasis presentes en los sistemas fisiológicos.

### 1.3 Prerrequisitos

No existen condiciones previas excluyentes para cursar esta asignatura.



## 2. Competencias

---

### 2.1 Competencias

---

**CM-DB-3.** Identificar y utilizar métodos y técnicas actuales para extraer y combinar información procedente del cerebro y de otros sistemas fisiológicos del cuerpo humano.

### 2.2 Conocimientos

---

**CN-DB-1.** Conocer nuevas técnicas y métodos de análisis de las complejas interacciones que se producen en el cuerpo humano, tanto a nivel de bioseñales, como de sistema fisiológico.

### 2.3 Habilidades y destrezas

---

**HD-DB-2.** Comprender y aplicar métodos y técnicas de procesamiento de señal, de análisis multiescala y de técnicas de fusión de datos multimodales, para caracterizar la organización y funcionamiento de las jerarquías cerebrales.

**HD-DB-3.** Diseñar y evaluar sistemas *Brain-Computer interface* mediante herramientas informáticas específicas.



### 3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Comprender y aplicar técnicas de generación de señales biomédicas sintéticas y datos subrogados.
- Conocer y ser capaz de evaluar métodos avanzados de procesamiento de señales neuronales y de teoría de redes complejas.
- Manejar adecuadamente lenguajes de programación para implementar métodos de procesamiento de señal y generar modelos de la red funcional neuronal.
- Comprender y aplicar métodos de análisis multiescala para caracterizar la organización y funcionamiento de las jerarquías cerebrales.
- Aplicar y evaluar técnicas de fusión de datos multimodales procedentes de diferentes sistemas fisiológicos para cuantificar y comprender las relaciones entre los mismos.
- Aplicar técnicas de procesamiento de señal para extraer información sobre los mecanismos subyacentes asociados a diferentes estados fisiológicos y patológicos.
- Comprender el funcionamiento de los sistemas *Brain-Computer Interface* y diferentes opciones de implementación de los elementos que los componen, así como sus principales señales de control.
- Diseñar, evaluar y simular sistemas *Brain-Computer Interface* mediante herramientas informáticas específicas.

#### 4. Contenidos y/o bloques temáticos

##### Bloque 1: “Neuroingeniería”

Carga de trabajo en créditos ECTS: 4,5

###### a. Contextualización y justificación

Véase apartado 1.1.

###### b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar el bloque el alumno deberá ser capaz de:

- Comprender y aplicar técnicas de generación de señales biomédicas sintéticas y datos subrogados.
- Conocer y ser capaz de evaluar métodos avanzados de procesado de señales neuronales y de teoría de redes complejas.
- Manejar adecuadamente lenguajes de programación para implementar métodos de procesado de señal y generar modelos de la red funcional neuronal.
- Comprender y aplicar métodos de análisis multiescala para caracterizar la organización y funcionamiento de las jerarquías cerebrales.
- Aplicar y evaluar técnicas de fusión de datos multimodales procedentes de diferentes sistemas fisiológicos para cuantificar y comprender las relaciones entre los mismos.
- Aplicar técnicas de procesado de señal para extraer información sobre los mecanismos subyacentes asociados a diferentes estados fisiológicos y patológicos.
- Comprender el funcionamiento de los sistemas *brain-computer interface* y diferentes opciones de implementación de los elementos que los componen.
- Diseñar y evaluar sistemas *brain-computer interface* mediante herramientas informáticas específicas.

###### c. Contenidos

Tema 1. Datos biomédicos

- Registros biomédicos
- Repositorios públicos de datos biomédicos
- Generación de señales sintéticas y datos subrogados

Tema 2. Técnicas de análisis de redes biológicas

- Tipos de redes biológicas
- Introducción a la teoría de redes complejas
- Redes dinámicas y dinámica no lineal

Tema 3. Análisis multiescala

- Introducción a las diferentes escalas de análisis
- Técnicas de análisis multiescala
- Análisis multiescala en neuroingeniería

Tema 4. Interacciones entre sistemas fisiológicos

- Análisis multimodal. Fusión de información
- Redes de asociación

- Acoplamiento multidimensional en sistemas fisiológicos
- Tema 5. Sistemas *brain-computer interface* (BCI)
- Introducción a los sistemas BCI
  - Señales de control exógenas y endógenas
  - Procesado de señal en sistemas BCI
  - Aplicaciones prácticas de los sistemas BCI

#### d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa (transparencias).
- Estudio de casos prácticos (seminarios).
- Estudio de casos mediante prácticas de laboratorio.
- Aprendizaje colaborativo.

#### e. Plan de trabajo

La siguiente Tabla refleja la distribución orientativa de actividades en Aula. Las horas de teoría y seminarios se indican de forma conjunta, mientras los laboratorios se especifican para cada práctica.

Temas	Duración aproximada (horas presenciales)	Periodo previsto de desarrollo
Presentación de la asignatura	1 hora	Semana 1
TEMA 1. Datos biomédicos	3 horas	Semanas 1-2
TEMA 2. Técnicas de análisis de redes biológicas	5 horas	Semanas 3-5
TEMA 3. Análisis multiescala	5 horas	Semanas 6-8
TEMA 4. Interacciones entre sistemas fisiológicos	5 horas	Semanas 9-11
TEMA 5. Sistemas <i>Brain-Computer Interface</i> (BCI)	6 horas	Semanas 12-15
LABORATORIO 1. Generación de señales sintéticas y datos subrogados	2 horas	Semana 2
LABORATORIO 2. Redes biológicas	4 horas	Semana 3-5
LABORATORIO 3. Organización y funcionamiento de jerarquías cerebrales	4 horas	Semana 6-8
LABORATORIO 4. Cuantificación de interacciones entre sistemas fisiológicos	4 horas	Semanas 9-11



LABORATORIO 5. Prácticas con sistemas BCI	6 horas	Semana 12-15
---	---------	--------------

## f. Evaluación

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Examen sobre contenidos teóricos y prácticos.
- Cuestionarios sobre los seminarios.
- Cuestionarios de las prácticas asociadas a los laboratorios.

## g Material docente

---

Se puede consultar la “Lista de Lectura” de la asignatura en la plataforma Leganto de la biblioteca de la UVa a través del siguiente enlace:

[ENLACE LEGANTO](#)

### g.1 Bibliografía básica

---

- Olaf Sporns. “Networks of the Brain”, MIT Press, 2016.
- Alex Fornito Andrew Zalesky, Edward Bullmore. “Fundamentals of Brain Network Analysis”, Academic Press, 2016.
- Bin He. “Neural Engineering”, 3ª edición, Springer, 2020.
- Nitish V. Thakor. “Handbook of Neuroengineering”, Springer, 2023.
- Chang S. Nam, Anton Nijholt, Fabien Lotte, “Brain–Computer Interfaces Handbook Technological and Theoretical Advances”, Ed. Routledge Taylor & Francis Group, 2018.

### g.2 Bibliografía complementaria

---

- Viktor K. Jirsa, Anthony R. McIntosh. “Handbook of Brain Connectivity”, Springer, 2007.
- Stewart Heitmann, Michael Breakspear. “Handbook for the Brain Dynamics Toolbox: Version 2022”, Bdtoolbox.Org, 2022.
- Hanspeter A Mallot. “Computational Neuroscience. A First Course”, Springer, 2013.
- Wim van Drongelen. “Signal Processing for Neuroscientists: An Introduction to the Analysis of Physiological Signals”, 2ª edición, Academic Press, 2018.
- Wulfram Gerstner, Werner M. Kistler, Richard Naud, Liam Paninsk, “Neuronal Dynamics: From Single Neurons to Networks and Models of Cognition”, Cambridge University Press, 2014.
- Varun Bajaj, G. R. Sinha, “Artificial Intelligence-Based Brain-Computer Interface”, 1st Edition, Ed. Elsevier, 2022.

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

---

Todos los recursos telemáticos necesarios para cursar la asignatura se enlazarán a través de la página de la asignatura en el Campus Virtual.

## h. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Documentación de apoyo.
- Pizarra, ordenador y cañón de proyección en las aulas para las clases magistrales participativas.
- Entorno de trabajo en la plataforma *Moodle* ubicado en el Campus Virtual de la UVa.
- Acceso a revistas científicas y técnicas cuya temática esté relacionada con la Ingeniería Biomédica, a través de la Biblioteca de la UVa.

## i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
4,5 ECTS	Semanas 1 a 15

## 5. Métodos docentes y principios metodológicos

A lo largo de la asignatura, se combinarán diferentes métodos docentes para conseguir que los alumnos adquieran las competencias indicadas en el Apartado 2:

- Actividades presenciales:
  - Clases de teoría. Lección magistral participativa y debate.
  - Seminarios. Estudios clínicos y trabajo en grupo.
  - Prácticas de laboratorio.
- Actividades no presenciales:
  - Trabajo individual. Estudio/trabajo personal.
  - Trabajo en grupo. Se desarrollarán competencias de trabajo en equipo, así como la resolución práctica de problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.

## 6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA <sup>(1)</sup>	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	16	Estudio bajo tutela del profesor	22,5
Clases prácticas de aula (A)	0	Estudio y trabajo autónomo del alumno	45
Laboratorios (L)	20		
Prácticas externas, clínicas o de campo	0		
Seminarios (S)	9		
Tutorías grupales (TG)	0		
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)	0		
<b>Total presencial</b>	<b>45</b>	<b>Total no presencial</b>	<b>75</b>
<b>TOTAL presencial + no presencial</b>			<b>112,5</b>

(1) Actividad presencial a distancia es cuando un grupo sigue una videoconferencia de forma síncrona a la clase impartida por el profesor.

## 7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Examen escrito sobre contenidos teóricos	35%	Evaluación de los conceptos teóricos adquiridos.
Cuestionarios asociados a los seminarios	20%	Evaluación de contenidos.
Cuestionarios de prácticas de laboratorio	45%	Evaluación del grado de comprensión de los conceptos prácticos.

### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
  - La calificación de la convocatoria ordinaria se obtendrá mediante la suma de las calificaciones obtenidas en los instrumentos de evaluación indicados en la tabla anterior.
- **Convocatoria extraordinaria:**
  - Se mantiene la calificación obtenida en los cuestionarios asociados a los seminarios y al laboratorio. El 35% restante de la calificación se obtendrá mediante la realización del examen final de la asignatura.

(\*) Se entiende por convocatoria extraordinaria la segunda convocatoria.

## 8. Consideraciones finales

En el curso del Campus Virtual de la UVa correspondiente a la asignatura se incluirá la programación semanal de la asignatura, los enlaces indexados a la bibliografía y a otras páginas web de interés para la materia, así como los recursos necesarios para los alumnos.