

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

GUÍA DE APRENDIZAJE

LABORATORIO DE SEÑALES BIOMÉDICAS

GRADO EN INGENIERIA BIOMEDICA

CURSO ACADÉMICO	CÓDIGO	CURSO	CRÉDITOS	CARÁCTER	SEMESTRE
2026-27	95000332	4	4 ECTS	OPTATIVA	PRIMER SEMESTRE

IDIOMA	CENTRO RESPONSABLE
ESPAÑOL	E.T.S. DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACION

DEPARTAMENTO RESPONSABLE
TECNOLOGÍA FOTÓNICA Y BIOINGENIERÍA

COORDINADOR/A
IGNACIO OROPESA GARCÍA - i.oropesa@upm.es

REQUISITOS OBLIGATORIOS

ASIGNATURAS REQUERIDAS

CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS

ASIGNATURAS RECOMENDADAS

- SISTEMAS Y SEÑALES (95000318)
- SEÑALES BIOMÉDICAS (95000320)

OTRAS RECOMENDACIONES

El alumno debe tener experiencia en representación y manejo de señales en MATLAB o adquirirla al inicio del curso.

RESULTADOS

RD-1393/2007

Competencias

- | | |
|-------------|--|
| CG01 | Desarrollar las habilidades de aprendizaje necesarias para emprender actividades o estudios posteriores de forma autónoma y con confianza. |
| CE42 | Conocer técnicas de muestreo y procesamiento de señales e imágenes para diversas aplicaciones en relación con la Ingeniería Biomédica. |
| CG15 | Transmitir la información adquirida, las ideas, los problemas y las soluciones de forma oral y escrita en castellano e inglés. |
| CE11 | Calcular y representar gráficamente los parámetros más relevantes de un experimento utilizando funciones matemáticas. |
| CE12 | Saber buscar, obtener e interpretar la información de las principales bases de datos biomédicas y bibliográficos. |
| CE38 | Conocer los principios y las técnicas de medida de las magnitudes más relevantes en Ingeniería Biomédica. |
| CG09 | Tener capacidad de descripción, cuantificación, análisis y evaluación de resultados experimentales. |
| CE40 | Conocer los principales tipos de dispositivos terapéuticos empleados en ingeniería biomédica. |
| CG11 | Elaborar y defender argumentos y resolver los problemas de forma efectiva y creativa. |
| CG03 | Ser capaz de manejar todas las tecnologías de la información y las comunicaciones. |
| CE43 | Capacidad de análisis e interpretación de señales e imágenes biomédicas. |
| CG02 | Aplicar de forma profesional a su trabajo los conocimientos adquiridos. |

Resultados de aprendizaje

- | | |
|--------------|---|
| RA129 | Identificar, a partir de inspección visual y técnicas de procesamiento, distintos patrones de señales biomédicas tanto en registros de pacientes sanos como aquellos que presenten una patología. |
| RA125 | Desarrollar la capacidad de realizar un trabajo en equipo, en la planificación del trabajo común, la búsqueda de fuentes de información y la presentación de resultados. |

- RA127** Aplicar técnicas avanzadas en procesamiento de señales para la resolución de problemas de señales biomédicas.
- RA126** Registrar señales biomédicas propias como por ejemplo registros de EEG espontáneos y evocados o de ECG.
- RA128** Desarrollar la capacidad de presentación oral pública.

DESCRIPCIÓN

El objetivo de la asignatura es que los alumnos se familiaricen, a través de la práctica, con distintos métodos de adquisición y procesamiento de señales biomédicas. Durante el curso el alumno trabajará con señales biomédicas, ya sean propias (obtenidas en el aula mediante sistemas de registro) o extraídas de bases de datos de señales fisiológicas. De esta forma, el alumno podrá adquirir un conjunto de herramientas básicas que le permita en el futuro enfrentarse a distintos problemas relacionados con el procesamiento de señales biomédicas. Para el presente curso se plantean las siguientes prácticas:

- **Práctica 1 - Introducción a MATLAB para el procesamiento de señales biomédicas:** Práctica introductoria orientada a formar al alumno en los conceptos básicos del entorno MATLAB para la representación y procesamiento de señales, así como a introducir las librerías que se usarán en el curso. Para la consolidación de conceptos, los estudiantes trabajarán tanto con señales sintéticas como de señal de EMG.
- **Práctica 2 -Activación sensorial en corteza cerebral sana y patológica:** Práctica orientada a entender los mecanismos básicos de generación de potenciales de campo provocados en la corteza somatosensorial. Se realizará el estudio de registros electrofisiológicos obtenidos de ratones sanos o de ratones con lesión del área somatosensorial sometidos a un tratamiento neuroprotector. Se analizarán los potenciales evocados generados en ambos hemisferios cerebrales en respuesta a la estimulación eléctrica alterna de ambas extremidades delanteras.
- **Práctica 3 - Adquisición y procesamiento de la señal de MEG:** Práctica orientada a conocer el sistema de la MEG, incluyendo Jaula de Faraday y la colocación del sujeto en la MEG; así como a registrar actividad con ojos abiertos vs ojos cerrados y a realizar análisis espectral.
- **Práctica 4 - Adquisición de la señal de EEG:** Práctica orientada a adquirir y entender la señal de EEG usando el sistema 10-20.
- **Práctica 5 - Procesamiento de la señal de EEG:** Práctica orientada a que el alumno se familiarice con algunas de las técnicas más usadas para el procesamiento de la señal de electroencefalografía y sepa programarlas en MATLAB.
- **Práctica 6 - Adquisición de la señal de ECG:** Práctica orientada a adquirir y entender la señal de ECG para la determinación del ritmo cardiaco.
- **Práctica 7 - Procesamiento de la señal de ECG:** Práctica orientada a que el alumno se familiarice con algunas de las técnicas más usadas para el procesamiento de la señal de electrocardiografía (filtrado, detección de complejos QRS) y sepa programarlas en MATLAB.
- **Práctica 8 - Determinación de relaciones conductancia/voltaje y cinéticas de activación en canales iónicos:** Práctica orientada a entender los mecanismos de activación de corrientes en canales iónicos sensibles a cambios del potencial de membrana celular. Se plantea el estudio del canal de potasio KCNQ4, que juega un papel esencial en la regulación de la excitabilidad neuronal y en particular en las células sensoriales del órgano de Corti (cóclea). Este estudio se realizará

mediante el análisis electrofisiológico de registros obtenidos de sistemas celulares exógenos expresando el canal KCNQ4 silvestre y una versión mutada del mismo.

La asignatura propondrá distintas metodologías docentes de cara a que los alumnos puedan adquirir las competencias esperadas. Estas incluirán la realización de prácticas guiadas en parejas, técnicas de aula invertida, o la presentación de un trabajo en grupo a final de curso.

NOTA: El orden de las prácticas puede verse alterado durante el curso por cuestiones organizativas.

TEMARIO

1. Introducción a MATLAB para el procesamiento de señales biomédicas
2. Activación sensorial en corteza cerebral sana y patológica
3. Adquisición y procesamiento de la señal de MEG
4. Adquisición de la señal de EEG
5. Procesamiento de la señal de EEG
6. Adquisición de la señal de ECG
7. Procesamiento de la señal de ECG
8. Determinación de relaciones conductancia/voltaje y cinéticas de activación en canales iónicos

ACTIVIDADES



Actividad evaluable



Actividad formativa

	Introducción	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO													
Presencial	01h 00m	Aula (en horario)	Normal													
TEMAS																
T1																
METODOLOGÍA																
Lección Magistral																

	PRÁCTICA 1 - Introducción a MATLAB para el procesamiento de señales biomédicas	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO													
Presencial	01h 45m	Laboratorio	Reducido													
TEMAS																
T1																
METODOLOGÍA																
Prácticas de Laboratorio																

	PRÁCTICA 2 - Activación sensorial en corteza cerebral sana y patológica	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO													
Presencial	05h 30m	Laboratorio	Reducido													
TEMAS																
T2																
METODOLOGÍA																
Prácticas de Laboratorio Lección Magistral																

	Memoria Práctica introductoria/EMG	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA												
No presencial, sin docente	00h 00m	Progresiva	20%	0												
TEMAS																
T1																
METODOLOGÍA																
Trabajo en Grupo																
RESULTADOS EVALUADOS																
CG01 CG03 CG09 CE11 CE38 CE40 CE42 CE43 RA127 RA129																

	PRÁCTICA 3 - Adquisición y procesamiento de la señal de MEG	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E	
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 02h 45m	LUGAR Laboratorio	GRUPO Reducido
TEMAS T3			
METODOLOGÍA Prácticas de Laboratorio Lección Magistral			

	PRÁCTICA 4 - Adquisición de la señal de EEG	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E	
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 02h 45m	LUGAR Laboratorio	GRUPO Reducido
TEMAS T4			
METODOLOGÍA Prácticas de Laboratorio Lección Magistral			

	PRÁCTICA 5 - Procesamiento de la señal de EEG	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E	
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 05h 30m	LUGAR Laboratorio	GRUPO Reducido
TEMAS T5			
METODOLOGÍA Prácticas de Laboratorio Lección Magistral			

	PRÁCTICA 6 - Adquisición de la señal de ECG	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E	
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 02h 45m	LUGAR Laboratorio	GRUPO Reducido
TEMAS T6			
METODOLOGÍA Prácticas de Laboratorio Lección Magistral			

	Memoria Práctica EEG		SEMANAS															
			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
	PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA													
	No presencial, sin docente	00h 00m	Progresiva	20%	0													
	TEMAS																	
T4 T5																		
METODOLOGÍA																		
Trabajo en Grupo																		
RESULTADOS EVALUADOS																		
CG01 CG03 CG09 CE11 CE38 CE40 CE42 CE43 RA129 RA127 RA126																		

	PRÁCTICA 7 - Procesamiento de la señal de ECG		SEMANAS															
			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
	PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
	Presencial	02h 45m	Laboratorio	Reducido														
	TEMAS																	
T7																		
METODOLOGÍA																		
Prácticas de Laboratorio Lección Magistral																		

	PRÁCTICA 8 -Determinación de relaciones conductancia/voltaje y cinéticas de activación en canales iónicos		SEMANAS															
			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
	PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
	Presencial	05h 30m	Laboratorio	Reducido														
	TEMAS																	
T8																		
METODOLOGÍA																		
Prácticas de Laboratorio Lección Magistral																		

Memoria Práctica ECG

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

No presencial, sin docente

DURACIÓN TOTAL

00h 00m

EVALUACIÓN

Progresiva

PONDERACIÓN

20%

NOTA MÍNIMA

0

TEMAS

T6T7

METODOLOGÍA

Trabajo en Grupo

RESULTADOS EVALUADOS

CG01CG03CG09CG11CE38CE40CE42CE43RA129RA127RA126

Trabajos en grupo

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

Presencial

DURACIÓN TOTAL

05h 30m

LUGAR

Aula (en horario)

GRUPO

Normal

METODOLOGÍA

Otras actividades

Trabajo en grupo

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

Presencial

DURACIÓN TOTAL

00h 00m

LUGAR

Aula (en horario)

EVALUACIÓN

Progresiva

PONDERACIÓN

20%

NOTA MÍNIMA

5

METODOLOGÍA

Presentación en GrupoTrabajo en Grupo

RESULTADOS EVALUADOS

CG02CG03CG11CG15CE11CE12CE38CE40CE42RA128RA125

Memoria Práctica canales iónicos

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

No presencial, sin docente

DURACIÓN TOTAL

00h 00m

EVALUACIÓN

Progresiva

PONDERACIÓN

20%

NOTA MÍNIMA

0

TEMAS

T8

METODOLOGÍA

Trabajo en Grupo

RESULTADOS EVALUADOS

CG09CE11CE12CE42CE43RA129RA127

Trabajo individual

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA
Presencial	02h 00m	Aula de examen	Global	20%	5

METODOLOGÍA

Presentación Individual

Trabajo Individual

RESULTADOS EVALUADOS

CG02

CG03

CG11

CG15

CE11

CE12

CE38

CE40

CE42

RA128

RA125

	Memoria Práctica introductoria/EMG		SEMANAS														
			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
	PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA												
	No presencial, sin docente	00h 00m	Global	20%	0												
	TEMAS																
T1																	
METODOLOGÍA																	
Trabajo Individual																	
RESULTADOS EVALUADOS																	
CG01 CG03 CG09 CE11 CE38 CE40 CE42 CE43 RA129 RA127																	

	Memoria Práctica ECG		SEMANAS														
			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
	PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA												
	No presencial, sin docente	00h 00m	Global	20%	0												
	TEMAS																
T6 T7																	
METODOLOGÍA																	
Trabajo Individual																	
RESULTADOS EVALUADOS																	
CG01 CG03 CG09 CE11 CE38 CE40 CE42 CE43 RA129 RA127 RA126																	

	Memoria Práctica canales iónicos		SEMANAS														
			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
	PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA												
	No presencial, sin docente	00h 00m	Global	20%	0												
	TEMAS																
T8																	
METODOLOGÍA																	
Trabajo Individual																	
RESULTADOS EVALUADOS																	
CG09 CE11 CE12 CE38 CE42 CE43 RA129 RA127																	



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Memoria Práctica EEG

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

No presencial, sin docente

DURACIÓN TOTAL

00h 00m

EVALUACIÓN

Global

PONDERACIÓN

20%

NOTA MÍNIMA

0

TEMAS

T6

T7

METODOLOGÍA

Trabajo Individual

RESULTADOS EVALUADOS

CG01

CG03

CG09

CE11

CE38

CE40

CE42

CE43

RA129

RA127

RA126

PLANIFICACIÓN SEMANAL

Actividad evaluable

Actividad formativa

Semana con actividad

E

Período de exámenes

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
Introducción																
PRÁCTICA 1 - Introducción a MATLAB para el procesamiento de señales biomédicas																
PRÁCTICA 2 - Activación sensorial en corteza cerebral sana y patológica																
Memoria Práctica introductoria/EMG																
PRÁCTICA 3 - Adquisición y procesamiento de la señal de MEG																
PRÁCTICA 4 - Adquisición de la señal de EEG																
PRÁCTICA 5 - Procesamiento de la señal de EEG																
PRÁCTICA 6 - Adquisición de la señal de ECG																
Memoria Práctica EEG																

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
 PRÁCTICA 7 - Procesamiento de la señal de ECG										•						
 PRÁCTICA 8 -Determinación de relaciones conductancia/voltaje y cinéticas de activación en canales iónicos											•	•				
 Memoria Práctica ECG											•					
 Trabajos en grupo													•	•		
 Trabajo en grupo													•	•		
 Memoria Práctica canales iónicos																•
 Examen final																•
 Memorias Prácticas																•
 Trabajo individual																•
 Memoria Práctica introductoria/EMG																•
 Memoria Práctica ECG																•
 Memoria Práctica canales iónicos																•
 Memoria Práctica EEG																•

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Criterios Generales

Disposiciones generales

La asignatura sigue un sistema de evaluación progresiva.

La asignatura se aprobará cuando se obtenga una calificación mayor o igual a 5 puntos sobre un total de 10, según las normas que se indican en este apartado.

Todas las entregas y prácticas que se realicen deben ser fruto del trabajo personal del alumno, aunque se fomentará la discusión y el trabajo en grupo para ayudar a entender mejor los problemas que se intentan resolver. La copia de entregas supondrá el suspenso de la actividad de evaluación, tanto para quien copia como para quien se deja copiar.

Cualquier evaluación o entrega realizada podrá requerir una evaluación oral complementaria por parte del profesor para validar que se ha realizado por el alumno sin ayuda de sistemas de Inteligencia Artificial.

Liberación de bloques

En caso de no aprobar en convocatoria extraordinaria, no se guardarán las calificaciones de las prácticas de un año académico a otro.

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Evaluación progresiva

Criterios de evaluación

Actividades de evaluación progresiva

Memorias de prácticas: El alumno deberá entregar en plazo las 4 memorias correspondientes a las prácticas desarrolladas durante el curso. Las prácticas se llevarán a cabo en parejas/grupos, según lo que disponga el profesorado, y serán en principio de asistencia obligatoria.

Trabajos en grupo: Al final de curso habrá una actividad consistente en preparar y presentar un trabajo grupal. Esta actividad tendrá un peso del 20% en la nota final, y la nota mínima para poder aprobar será de 5/10. Esta actividad será recuperable en evaluación global.

Aprendizaje invertido: En determinadas prácticas, se podrán llevar a cabo pequeñas pruebas de tipo Kahoot!/Wooclap/Socrative al comienzo de la clase. Estas pruebas permitirán evaluar si los alumnos han revisado el enunciado de la práctica u otros materiales asociados a ellas, que estarán a su disposición antes de la sesión. Los alumnos que puntúen mejor en estas pruebas recibirán una mejora en la calificación de la correspondiente práctica (máximo 5% del total). La nota final de cada práctica no podrá superar en ningún caso la calificación de 10.

Actividades

- Memoria Práctica introductoria/EMG (20%)
- Memoria Práctica EEG (20%)
- Memoria Práctica ECG (20%)
- Trabajo en grupo (20%)
- Memoria Práctica canales iónicos (20%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Prueba global

Criterios de evaluación

Prueba de evaluación global

Memorias de prácticas: Aquellos alumnos que no puedan asistir a clase durante el curso podrán optar por hacer las prácticas de forma individual (salvo que los profesores indiquen lo contrario). Es responsabilidad del alumno realizar dichas prácticas por sus propios medios.

Trabajo final: Los alumnos deberán llevar a cabo un trabajo individual (salvo que los profesores indique lo contrario) a ser presentado en la fecha marcada por Jefatura de Estudios. Esta actividad tendrá un peso del 20% en la nota final, y la nota mínima para poder aprobar será de 5/10.

Actividades

- Trabajo individual (20%)
- Memoria Práctica introductoria/EMG (20%)
- Memoria Práctica ECG (20%)
- Memoria Práctica canales iónicos (20%)
- Memoria Práctica EEG (20%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Extraordinaria

Criterios de evaluación

Prueba de evaluación extraordinaria

La evaluación consistirá en un 80% de la nota en las **memorias de las prácticas**, que podrán entregarse en esta convocatoria. Los alumnos que habiendo entregado las prácticas en convocatoria ordinaria, deban concurrir a convocatoria extraordinaria, deberán recuperar al menos aquellas prácticas en las cuales su calificación fuese inferior a 5.

Se realizará un **examen final** (20% ponderación) en los que los alumnos deberán defender sus prácticas y demostrar las competencias adquiridas en ellas. El examen podrá constar de una parte oral y otra escrita/práctica.

Los alumnos deberán obtener una calificación mínima de 5/10 en el examen de cara a poder aprobar la asignatura.

Actividades

- Examen final (20%)
- Memorias Prácticas (80%)

RECURSOS

Bibliografía

Rangayyan RM. Biomedical signal analysis. 2nd ed. IEEE Press - Wiley; 2015

Libro de referencia de la asignatura, sobre todo para los temas relacionados con procesamiento y análisis de la señal. Aborda las distintas técnicas mediante el uso de ejemplos reales, y con un enfoque muy didáctico.

Semmlow JL. Biosignal and Medical Image Processing. MATLAB-Based Applications, 3rd ed. CRC Press; 2014.

Este libro proporciona un conjunto completo de herramientas de procesamiento de señales para MATLAB

Sörnmo L, Laguna P. Bioelectrical signal processing in cardiac and neurological applications. Elsevier Inc. / Academic Press; 2005.

Libro de referencia en el campo del procesamiento y análisis de señal biomédica.

Oppenheim AV, Schafer RW. Discrete-Time Signal Processing, 3rd Ed., Prentice Hall; 2019.

Procesamiento de señales general

Oppenheim AV, Willsky A. Signals and Systems, Prentice Hall; 1997

Procesamiento de señales general

Otros recursos

MATLAB + EEGLAB + Wavelets Toolbox

Recursos software

Axon pCLAMP 10 Electrophysiology Data Acquisition & Analysis Software

Equipamiento

Sistemas BIOPAC

Se usarán sistemas BIOPAC para la adquisición de señales de ECG.

Sistema OPM-MEG

Se empleará el sistema OPM-MEG como parte de la práctica de adquisición MEG.

Sistemas EEG BitBrain

Se emplearán cascos de EEG de la empresa BitBrain para la adquisición de señales EEG.

Bibliografía

Cohen MX. Analyzing Neural Time Series Data: Theory and Practice. MIT Press; 2014

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Salud y bienestar



Educación de calidad

OTRA INFORMACIÓN

La práctica relacionada con la MEG se realiza en principio en el Centro de Tecnología Biomédica (Campus de Montegancedo). El resto de prácticas se llevarán a cabo en la ETSIT.

En función del número de alumnos, se habilitarán distintos turnos de asistencia en las prácticas que impliquen el uso de equipamiento de adquisición.

Esta asignatura se relaciona con el **ODS3** (Salud y Bienestar) y **ODS4** (Educación de Calidad).