



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

**95000121 - Señales Biomedicas**

### PLAN DE ESTUDIOS

09IB - Grado En Ingenieria Biomedica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2019/20 - 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.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	12
9. Otra información.....	13

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	95000121 - Señales Biomedicas
<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>	09IB - Grado En Ingenieria Biomedica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	09 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2019-20

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Santiago Aguilera Navarro	B-101	santiago.aguilera@upm.es	Sin horario. Es necesario concertar cita previamente por correo.
Miguel Angel Muriel Fernandez	B-118	m.muriel@upm.es	L - 13:00 - 14:00 Es necesario concertar cita previamente por correo.

Ignacio Oropesa Garcia (Coordinador/a)	D-213	i.oropesa@upm.es	J - 10:00 - 11:00 Es necesario concertar cita previamente por correo.
Bryan Strange	CTB	bryan.strange@upm.es	M - 10:00 - 11:00 Es necesario concertar cita previamente por correo.

\* 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

- Sistemas Y Señales
- Estadística

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

- El alumno deberá tener experiencia en MATLAB o adquirirla durante el curso, por ejemplo a través del tutorial "Introducción a MATLAB" de Mathworks (disponible en <https://matlabacademy.mathworks.com/R2019a/es/portal.html?course=gettingstarted>)

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

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.

CE40 - Conocer los principales tipos de dispositivos terapéuticos empleados en ingeniería biomédica.

CE42 - Conocer técnicas de muestreo y procesado de señales e imágenes para diversas aplicaciones en relación con la Ingeniería Biomédica.

CE43 - Capacidad de análisis e interpretación de señales e imágenes biomédicas.

CG1 - Desarrollar las habilidades de aprendizaje necesarias para emprender actividades o estudios posteriores de forma autónoma y con confianza.

CG10 - Formular, diseñar y elaborar proyectos siendo capaz de liderar grupos de trabajo y buscar en distintas fuentes de información e integrar nuevos conocimientos en su investigación

CG11 - Elaborar y defender argumentos y resolver los problemas de forma efectiva y creativa.

CG15 - Transmitir la información adquirida, las ideas, los problemas y las soluciones de forma oral y escrita en castellano e inglés.

CG6 - Adoptar una actitud ante los problemas de su competencia que considere que su papel no es exclusivamente aportar soluciones sino, siempre que sea posible, participar además en la propia identificación u definición de dichos problemas

CG9 - Tener capacidad de descripción, cuantificación, análisis y evaluación de resultados experimentales.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA476 - Realizar búsquedas bibliográficas y extraer/analizar las conclusiones más importantes.

RA468 - Describir los principios fisiológicos que influyen en la generación de señales biomédicas.

RA473 - Aplicar distintas técnicas para la detección de eventos en señales biomédicas.

RA475 - Interpretar las principales señales biomédicas asociadas tanto con sujetos sanos como con distintas patologías.

RA474 - Enumerar las distintas aplicaciones del análisis y procesamiento de las señales biomédicas.

RA470 - Aplicar distintas técnicas de filtrado para el tratamiento de ruido en señales biomédicas.

RA477 - Presentar de forma oral o escrita las conclusiones más relevantes de un trabajo de investigación.

RA472 - Realizar e interpretar un análisis tiempo-frecuencia de una señal biomédica.

RA471 - Estimar la información espectral de una señal biomédica haciendo uso de métodos paramétricos y no paramétricos.

RA469 - Enumerar los principales dispositivos para la adquisición y procesamiento de señales biomédicas.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

El objetivo de la asignatura es que el alumno conozca las principales señales biomédicas del cuerpo, así como las principales técnicas de procesamiento de señal que pueden aplicarse para su análisis.

El temario de la asignatura está dividido en dos grandes bloques:

**BLOQUE 1: Tipos de señales biomédicas.** El objetivo de este bloque es que el alumno conozca las bases fisiológicas, los medios de adquisición, y la caracterización de las principales señales biomédicas. Además, el alumno deberá conocer las principales aplicaciones clínicas que involucren el análisis de señales biomédicas.

- TEMA 1 PRINCIPALES SEÑALES BIOMÉDICAS: Origen de la señal bioeléctrica, EEG, potenciales evocados, EMG, ECG.

**BLOQUE 2: Procesamiento de señales biomédicas.** El objetivo de este bloque es que el alumno conozca y aplique los principales algoritmos para el procesamiento y análisis de las señales biomédicas.

- TEMA 2 FUNDAMENTOS DE SEÑALES Y SISTEMAS: Repaso de conceptos fundamentales de señales y sistemas, procesos estocásticos.
- TEMA 3 FILTRADO DE SEÑALES BIOMÉDICAS: Caracterización de fuentes de ruido, filtros en el dominio del tiempo, filtros en el dominio de la frecuencia, filtros adaptativos, separación de fuentes.
- TEMA 4a ESTIMACIÓN ESPECTRAL: CARACTERIZACIÓN EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA: Estimación de la densidad espectral de potencia, técnicas de periodograma.
- TEMA 4b ESTIMACIÓN ESPECTRAL: MODELADO DE SEÑALES BIOMÉDICAS: Estimación espectral mediante modelos autorregresivos.
- TEMA 5 ANÁLISIS DE SEÑALES NO ESTACIONARIAS: STFT, Wavelets.
- TEMA 6 DETECCIÓN DE EVENTOS: Detección de complejos QRS, análisis de conectividad.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Principales señales biomédicas
2. Fundamentos de señales y sistemas
3. Filtrado de señales biomédicas
4. Estimación espectral
  - 4.1. Caracterización en el dominio de la frecuencia
  - 4.2. Modelado de señales biomédicas
5. Análisis de señales no estacionarias
6. Detección de eventos

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Otra actividad presencial	Actividades de evaluación
1	<p><b>Presentación de la asignatura e Introducción a las señales biomédicas.</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Actitud y asistencia a clase</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Duración: 00:00</p>
2	<p><b>Tema 1</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
3	<p><b>Tema 1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p><b>Tema 2</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Trabajos en grupo (aplicaciones de las señales biomédicas)</b> PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación continua Duración: 20:00</p>
5	<p><b>Tema 2</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
6			<p><b>Presentación de trabajos</b> Duración: 05:00 OT: Otras actividades formativas</p>	
7	<p><b>Tema 3</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
8	<p><b>Tema 3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4a</b> Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Caso Práctico 1</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
9	<p><b>Tema 4b</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Caso Práctico 2</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Entrega caso práctico 1</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 05:00</p>
10	<p><b>Tema 5</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Entrega caso práctico 2</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 05:00</p>



11	<b>Tema 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Caso Práctico 3</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
12	<b>Tema 6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Caso Práctico 4</b> Duración: 01:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Entrega caso práctico 3</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 05:00
13		<b>Caso Práctico 5</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Entrega caso práctico 4</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 05:00
14	<b>Repaso y problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			<b>Entrega caso práctico 5</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 05:00
15	<b>Repaso y problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  <b>Repaso y problemas</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
16				
17				<b>Examen</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Duración: 02:00  <b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Duración: 03:00  <b>Entregas Prácticas 1-5</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación sólo prueba final Duración: 25:00

Las horas de actividades formativas no presenciales son aquellas que el estudiante debe dedicar al estudio o al trabajo personal.

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.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
1	Actitud y asistencia a clase	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	10%	0 / 10	CG9 CG15 CE43 CG6
4	Trabajos en grupo (aplicaciones de las señales biomédicas)	PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo	No Presencial	20:00	20%	5 / 10	CE38 CE43 CG11 CE12 CG1 CG6 CE40 CG10 CG15
9	Entrega caso práctico 1	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	05:00	10%	4 / 10	CE38 CE42 CE43 CE11 CG9
10	Entrega caso práctico 2	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	05:00	10%	4 / 10	CE38 CE42 CE43 CE11 CG9
12	Entrega caso práctico 3	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	05:00	10%	4 / 10	CE38 CE42 CE43 CE11 CG9
13	Entrega caso práctico 4	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	05:00	10%	4 / 10	CE38 CE42 CE43 CE11 CG9

14	Entrega caso práctico 5	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	05:00	10%	4 / 10	CE38 CE42 CE43 CE11 CG9
17	Examen	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	30%	4 / 10	CE43 CG11 CE11 CE12 CG6 CG9 CE40 CG15 CE38 CE42

### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	75%	5 / 10	CE38 CE42 CE43 CG11 CE11 CE12 CG1 CG6 CG9 CE40 CG10 CG15
17	Entregas Prácticas 1-5	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	25:00	25%	4 / 10	CE38 CE42 CE43 CE11 CG9

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final	EX: Técnica del tipo Examen	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG11 CG10 CE38 CE42 CE43 CE11 CE12



El alumno deberá entregar en plazo las entregas correspondientes a los casos prácticos desarrolladas durante el curso. La entrega fuera de plazo será penalizada en la puntuación del caso con hasta 2/10 puntos.

La asistencia a las sesiones de trabajo en grupo es obligatoria los dos días. Se penalizará la calificación del trabajo en caso de incomparecencia no justificada del alumno con hasta 2/10 puntos.

Se tendrá en cuenta la actitud positiva y participativa en clase con hasta un 10% adicional en la nota final. En cualquier caso, la nota del alumno no podrá superar el 100%.

Los alumnos que suspendan por evaluación continua tendrán derecho a ir a la convocatoria extraordinaria.

### **Normativa de evaluación sólo prueba final**

Los alumnos deberán realizar por su cuenta los casos prácticos de la asignatura de manera individual. El peso de los mismos será del 25% de la nota final, y deberán obtener una nota media mínima de 4/10 en ellos para aprobar.

El 75% de la asignatura restante se evaluará mediante una prueba de examen.

Los alumnos que suspendan por evaluación continua tendrán derecho a ir a la convocatoria extraordinaria.

### **Normativa de evaluación convocatoria extraordinaria**

Los alumnos que concurran a la convocatoria extraordinaria deberán tener completados los casos prácticos.

Por defecto, se guardarán las notas de los casos prácticos, salvo en caso de renuncia explícita del alumno. En caso de guardar la nota, el peso del examen final será del 30% para alumnos de evaluación continua y 75% para alumnos de evaluación sólo prueba final. En caso de renuncia, el peso del examen será del 100%.

Se guardan también las notas de los trabajos en el caso de evaluación continua.

Aquellos alumnos que, no habiendo completado los casos prácticos durante el curso regular, deseen concurrir a la convocatoria extraordinaria, deberán completarlos y superarlos con una nota media en ellos superior o igual a

4/10. El peso sobre la nota final de los casos prácticos en este caso particular es de 0%.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Rangaraj M. Rangayyan, Biomedical Signal Analysis, 2nd Ed. IEEE Press/Wiley (2015).	Bibliografía	Bibliografía de referencia de la asignatura
Leif Sörnmo y Pablo Laguna, Bioelectric signal processing in cardiac and neurologic applications, (2005) ISBN-13: 978-0-12-437552-9. Shanbao Tung y NitishV. Thakor, Quantitative EEG Analysis, Methods and Clinical Applications. Eds. Artech	Bibliografía	
J. D. Bronzino. Biomedical Engineering Handbook, CRC Press Inc. (2006)	Bibliografía	
Alan V. Oppenheim, Alan S. Willsky, S. Hamid Nawab. Señales y Sistemas, 2º ed. Prentice Hall 1998, ISBN 970-17-0116-X	Bibliografía	
Electric Fields of the Brain. Paul L. Nunez y Ramesh Srinivasan. 2dn Ed. Oxford Univ. Press, 2006	Bibliografía	

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura