



POLITÉCNICA

INTERNATIONAL  
CAMPUS OF  
EXCELLENCE

COORDINATION PROCESS OF  
LEARNING ACTIVITIES  
PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería y Sistemas  
de Telecomunicación

# ANX-PR/CL/001-01

## LEARNING GUIDE

### SUBJECT

**595040349 - Biomedical Digital Signal Processing**

### DEGREE PROGRAMME

59TL - Grado En Ingeniería Telemática

### ACADEMIC YEAR & SEMESTER

2022/23 - Semester 1

## Index

---

### Learning guide

1. Description.....	1
2. Faculty.....	1
3. Prior knowledge recommended to take the subject.....	2
4. Skills and learning outcomes .....	2
5. Brief description of the subject and syllabus.....	3
6. Schedule.....	5
7. Activities and assessment criteria.....	8
8. Teaching resources.....	11
9. Other information.....	12

## 1. Description

---

### 1.1. Subject details

<b>Name of the subject</b>	595040349 - Biomedical Digital Signal Processing
<b>No of credits</b>	4.5 ECTS
<b>Type</b>	Optional
<b>Academic year of the programme</b>	Third year
<b>Semester of tuition</b>	Semester 5
<b>Tuition period</b>	September-January
<b>Tuition languages</b>	English
<b>Degree programme</b>	59TL - Grado en Ingeniería Telemática
<b>Centre</b>	59 - Escuela Técnica Superior De Ingeniería Y Sistemas De Telecomunicación
<b>Academic year</b>	2022-23

## 2. Faculty

---

### 2.1. Faculty members with subject teaching role

<b>Name and surname</b>	<b>Office/Room</b>	<b>Email</b>	<b>Tutoring hours *</b>
Yolanda Blanco Archilla	D8203	yolanda.blanco@upm.es	Sin horario. Tutorías con cita previa / Meetings with prior appointment.
David Luengo Garcia (Subject coordinator)	A7011, D8201A	david.luengo@upm.es	Sin horario. Tutorías con cita previa / Meetings with prior appointment.

Jose David Oses Del Campo	A7006	josedavid.oses@upm.es	Sin horario. Tutorías con cita previa / Meetings with prior appointment.
---------------------------	-------	-----------------------	--

\* The tutoring schedule is indicative and subject to possible changes. Please check tutoring times with the faculty member in charge.

### 3. Prior knowledge recommended to take the subject

---

#### 3.1. Recommended (passed) subjects

- Estadística Y Procesos Estocásticos
- Señales Y Sistemas
- Procesado Digital De La Señal

#### 3.2. Other recommended learning outcomes

- Matlab

### 4. Skills and learning outcomes \*

---

#### 4.1. Skills to be learned

CE B1 - Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmica numérica; estadística y optimización.

CE B2 - Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.

CE B4 - Comprensión y dominio de los conceptos básicos de sistemas lineales y las funciones y transformadas relacionadas, teoría de circuitos eléctricos, circuitos electrónicos, principio físico de los semiconductores y familias lógicas, dispositivos electrónicos y fotónicos, tecnología de materiales y su aplicación para la resolución de

problemas propios de la ingeniería.

CE TEL08 - Capacidad de utilizar herramientas de procesado para el modelado de sistemas y el análisis y tratamiento de señales.

CG 02 - Capacidad de búsqueda y selección de información, de razonamiento crítico y de elaboración y defensa de argumentos dentro del área.

CG 03 - Capacidad para expresarse correctamente de forma oral y escrita y transmitir información mediante documentos y exposiciones en público.

CG 04 - Capacidad de abstracción, de análisis y de síntesis y de resolución de problemas.

CG 11 - Habilidades para la utilización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

## 4.2. Learning outcomes

RA232 - Se concretarán para cada asignatura optativa o para la realización de prácticas en empresas.

\* The Learning Guides should reflect the Skills and Learning Outcomes in the same way as indicated in the Degree Verification Memory. For this reason, they have not been translated into English and appear in Spanish.

## 5. Brief description of the subject and syllabus

---

### 5.1. Brief description of the subject

En esta asignatura se pretende realizar una introducción al procesado digital de señales biomédicas. En primer lugar, se realizará una introducción a los principios de la bioingeniería, a los distintos tipos de señales biomédicas existentes y a los principios generales de adquisición y análisis de esta clase de señales. A continuación, la asignatura se centrará en dos de las principales señales biomédicas: el electrocardiograma (ECG) y el electroencefalograma (EEG). En ambos casos, se describirán brevemente los principios fisiológicos subyacentes, sus características, modo de adquisición y aplicaciones, y diversos algoritmos para la eliminación de ruido, la separación de la señal deseada frente a señales interferentes y la detección de patologías (tales como fibrilación auricular o crisis epilépticas). Por último, se dedicará un último tema a la presentación de otras señales biomédicas de interés (como el electromiograma) y al procesado multi-modal (esto es, el procesado conjunto de múltiples señales biomédicas). La asignatura incluirá un importante componente práctico, implementándose varios de los algoritmos descritos (con la ayuda de Matlab) y probándose con señales reales, tanto disponibles en repositorios on-line (como Physionet) como con señales reales adquiridas en el laboratorio mediante el uso de placas Bitalino y (en la medida de lo posible) el sistema Biopac.

This course provides an introduction to biomedical signal and their digital signal processing. Firstly, we will perform a review of the basic principles of bioengineering, the different types of biomedical signals, as well as the general ideas behind the acquisition and analysis of this class of signals. Then, the course will focus on two of the main biomedical signals: the electrocardiogram (ECG) and the electroencephalogram (EEG). In both cases, we will briefly describe the underlying physiological principles, the main characteristics of the signals, their acquisition and applications, as well as several methods to remove noise, separate the desired signals from other artifacts and the detection of pathologies (such as atrial fibrillation or epileptic seizures). Finally, we will devote the last topic to the description of other biomedical signals (like the electromyogram (EMG)) and to multi-modal signal processing (i.e., joint processing of multiple biomedical signals). The course has an important practical component, including the implementation of several of the described algorithms (using Matlab) which will be tested on real signals, both from on-line repositories (like Physionet) and acquired by the students using Bitalino boards and (if possible) the Biopac system.

## 5.2. Syllabus

1. Introducción al Procesado de Señales Biomédicas / Introduction to Biomedical Digital Signal Processing
2. Procesado de Señales Cardíacas: Electrocardiograma y Fonocardiograma / Electrocardiographic (ECG) and Phonocardiographic (PCG) Signal Processing
3. Procesado de Señales Neurológicas: Electroencefalograma / Electroencephalographic (EEG) Signal Processing
4. Otras Señales Biomédicas: Electromiograma (EMG) y Procesado de Señales Multi-Modales / Electromyographic (EMG) and Multi-Modal Signal Processing

## 6. Schedule

### 6.1. Subject schedule\*

Week	Classroom activities	Laboratory activities	Distant / On-line	Assessment activities
1	<b>Unit 1: Introduction to Biomedical DSP</b> Duration: 02:00 Lecture	<b>Lab 1: Physionet</b> Duration: 01:00 Laboratory assignments		
2	<b>Unit 2: ECG &amp; PCG</b> Duration: 01:30 Lecture	<b>Lab 1: Physionet</b> Duration: 01:30 Laboratory assignments		
3	<b>Unit 2: ECG &amp; PCG</b> Duration: 01:30 Lecture	<b>Lab 2: ECG - QRS Complex Detection</b> Duration: 01:30 Laboratory assignments		<b>Lab Assignment 1</b> Individual work Continuous assessment and final examination Not Presential Duration: 00:00
4		<b>Lab 2: ECG - QRS Complex Detection</b> Duration: 03:00 Laboratory assignments		
5	<b>Unit 2: ECG &amp; PCG</b> Duration: 01:30 Lecture	<b>Lab 3: ECG - Atrial Fibrillation</b> Duration: 01:30 Laboratory assignments		<b>Lab Assignment 2</b> Individual work Continuous assessment and final examination Not Presential Duration: 00:00
6		<b>Lab 3: ECG - Atrial Fibrillation</b> Duration: 03:00 Laboratory assignments		
7		<b>Lab 4: PCG</b> Duration: 03:00 Laboratory assignments		<b>Lab Assignment 3</b> Individual work Continuous assessment and final examination Not Presential Duration: 00:00
8	<b>Unit 3: EEG Signal Processing</b> Duration: 01:30 Lecture			<b>Test 1 (Introduction + ECG/PCG)</b> Written test Continuous assessment Presential Duration: 00:30  <b>Lab Assignment 4</b> Individual work Continuous assessment and final examination Not Presential Duration: 00:00  <b>Lab Exam 1 (Physionet + ECG + PCG)</b> Problem-solving test Continuous assessment Presential Duration: 01:00

9	<b>Unit 3: EEG Signal Processing</b> Duration: 01:30 Lecture	<b>Lab 5: EEG</b> Duration: 01:30 Laboratory assignments		
10		<b>Lab 5: EEG</b> Duration: 03:00 Laboratory assignments		
11	<b>Unit 4: EMG &amp; Other Biomedical Signals</b> Duration: 01:30 Lecture	<b>Lab 6: EMG</b> Duration: 01:30 Laboratory assignments		<b>Lab Assignment 5</b> Individual work Continuous assessment and final examination Not Presential Duration: 00:00
12	<b>Unit 4: EMG &amp; Other Biomedical Signals</b> Duration: 01:30 Lecture	<b>Lab 6: EMG</b> Duration: 01:30 Laboratory assignments		
13				<b>Lab Assignment 6</b> Individual work Continuous assessment and final examination Not Presential Duration: 00:00  <b>Test 2 (EEG + EMG &amp; Other Signals)</b> Written test Continuous assessment Presential Duration: 00:30  <b>Lab Exam 2 (EEG + EMG)</b> Problem-solving test Continuous assessment Presential Duration: 01:00  <b>Presentation of the Final Lab Assignment</b> Group work Continuous assessment and final examination Presential Duration: 01:30
14				
15				
16				
17				<b>Final Exam (Theory)</b> Written test Final examination Presential Duration: 01:00  <b>Final Exam (Lab)</b> Problem-solving test Final examination Presential Duration: 01:00

Depending on the programme study plan, total values will be calculated according to the ECTS credit unit as 26/27 hours of student face-to-face contact and independent study time.

\* The schedule is based on an a priori planning of the subject; it might be modified during the academic year,





especially considering the COVID19 evolution.

## 7. Activities and assessment criteria

### 7.1. Assessment activities

#### 7.1.1. Assessment

Week	Description	Modality	Type	Duration	Weight	Minimum grade	Evaluated skills
3	Lab Assignment 1	Individual work	No Presential	00:00	2.5%	/ 10	CE B2 CE B4 CG 11 CE TEL08
5	Lab Assignment 2	Individual work	No Presential	00:00	2.5%	/ 10	CG 11 CE TEL08 CE B2 CE B4
7	Lab Assignment 3	Individual work	No Presential	00:00	2.5%	/ 10	CE B2 CE B4 CG 11 CE TEL08
8	Test 1 (Introduction + ECG/PCG)	Written test	Face-to-face	00:30	10%	/ 10	CG 11 CE TEL08 CG 04 CE B1 CE B4
8	Lab Assignment 4	Individual work	No Presential	00:00	2.5%	/ 10	CG 11 CE TEL08 CE B2 CE B4
8	Lab Exam 1 (Physionet + ECG + PCG)	Problem-solving test	Face-to-face	01:00	20%	/ 10	CG 11 CE TEL08 CG 04 CE B2 CE B4
11	Lab Assignment 5	Individual work	No Presential	00:00	2.5%	/ 10	CG 11 CE TEL08 CE B2 CE B4
13	Lab Assignment 6	Individual work	No Presential	00:00	2.5%	/ 10	CG 11 CE TEL08 CE B2 CE B4

13	Test 2 (EEG + EMG & Other Signals)	Written test	Face-to-face	00:30	10%	/ 10	CG 11 CE TEL08 CG 04 CE B1 CE B4
13	Lab Exam 2 (EEG + EMG)	Problem-solving test	Face-to-face	01:00	20%	/ 10	CG 11 CE TEL08 CG 04 CE B2 CE B4
13	Presentation of the Final Lab Assignment	Group work	Face-to-face	01:30	25%	/ 10	CG 11 CE TEL08 CG 03 CG 02 CG 04 CE B1 CE B2 CE B4

### 7.1.2. Global examination

Week	Description	Modality	Type	Duration	Weight	Minimum grade	Evaluated skills
3	Lab Assignment 1	Individual work	No Presential	00:00	2.5%	/ 10	CE B2 CE B4 CG 11 CE TEL08
5	Lab Assignment 2	Individual work	No Presential	00:00	2.5%	/ 10	CG 11 CE TEL08 CE B2 CE B4
7	Lab Assignment 3	Individual work	No Presential	00:00	2.5%	/ 10	CE B2 CE B4 CG 11 CE TEL08
8	Lab Assignment 4	Individual work	No Presential	00:00	2.5%	/ 10	CG 11 CE TEL08 CE B2 CE B4
11	Lab Assignment 5	Individual work	No Presential	00:00	2.5%	/ 10	CG 11 CE TEL08 CE B2 CE B4
13	Lab Assignment 6	Individual work	No Presential	00:00	2.5%	/ 10	CG 11 CE TEL08 CE B2 CE B4

13	Presentation of the Final Lab Assignment	Group work	Face-to-face	01:30	25%	/ 10	CG 11 CE TEL08 CG 03 CG 02 CG 04 CE B1 CE B2 CE B4
17	Final Exam (Theory)	Written test	Face-to-face	01:00	20%	/ 10	CG 11 CE TEL08 CG 04 CE B1 CE B4
17	Final Exam (Lab)	Problem-solving test	Face-to-face	01:00	40%	/ 10	CG 11 CE TEL08 CG 04 CE B2 CE B4

### 7.1.3. Referred (re-sit) examination

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Assessment criteria

Por defecto se asumirá que los alumnos seguirán la evaluación progresiva, en cuyo caso la evaluación consistirá en dos test en clase (con un peso del 10% sobre la nota final cada uno), la entrega de las prácticas individuales a través de Moodle (con un peso del 2.5% sobre la nota final cada una), dos exámenes de laboratorio con Matlab (con un peso del 20% sobre la nota final cada uno) y la entrega/presentación de la práctica final/trabajo en grupo (con un peso total del 25% sobre la nota final).

Aquellos alumnos que no superen la evaluación progresiva tendrán derecho a la realización de un examen de teoría (20%) y de laboratorio con Matlab (40%) en los días marcados en el calendario de evaluación ordinaria/extraordinaria por la escuela. La entrega de prácticas y la realización/presentación de la práctica final son actividades NO recuperables que deben realizarse a lo largo del semestre.

By default we will assume that students will follow the progressive evaluation, which will consist of 2 tests in the classroom (10% of the total mark each), 6 lab. assignments to be completed and uploaded through Moodle (2.5% of the total mark each), 2 lab exams with Matlab (20% of the total mark each), and the final assignment to be

uploaded through Moodle and presented in class (25% of the total mark).

Those students who fail the progressive evaluation will have a theoretical exam (20% of the total mark) and lab exam with Matlab (40% of the total mark) on the dates set by the School in the evaluation calendar for the ordinary and extraordinary evaluation. Uploading the lab assignments through Moodle and presentation of the final assignment MUST be done in the established dates and CANNOT be done later.

## 8. Teaching resources

### 8.1. Teaching resources for the subject

Name	Type	Notes
Sornmo y Laguna, 2005	Bibliography	Leif Sörnmo y Pablo Laguna, "Bioelectrical Signal Processing in Cardiac and Neurological Applications", Academic Press, 2005.
Bronzino, 1999	Bibliography	Joseph D. Bronzino, "Biomedical engineering handbook (Vols. 1 y 2)" CRC Press, 1999.
Clifford et al., 2006	Bibliography	Gari D. Clifford, Francisco Azuaje y Patrick E. McSharry, "Advanced Methods and Tools for ECG Data Analysis", Artech House, 2006.
Sanei y Chambers, 2007	Bibliography	Saeid Sanei y Jonathan A. Chambers, "EEG Signal Processing", John Wiley & Sons, 2007.
Mainardi et al., 2008	Bibliography	Luca Mainardi, Leif Sörnmo y Sergio Cerutti, "Understanding atrial fibrillation: The signal processing contribution (Partes I y II)", Synthesis Lectures on Biomedical Engineering, 2008.
Physionet	Web resource	<a href="https://www.physionet.org/">https://www.physionet.org/</a>
Tompkins, 2000	Bibliography	Willis J. Tompkins, "Biomedical Digital Signal Processing", Prentice Hall, 2000.

## 9. Other information

---

### 9.1. Other information about the subject

Debido a un error de GAUSS no se cargaban los Resultados de Aprendizaje y tampoco se han podido añadir porque daba el siguiente error: "Resultado de aprendizaje ya existente". Los Resultados de Aprendizaje son los siguientes:

- \* Manejar herramientas matemáticas de análisis y diseño de sistemas de tiempo discreto.
- \* Relacionar el problema estudiado con otros ya conocidos con anterioridad.
- \* Redactar una memoria del trabajo.
- \* Ser capaz de describir el diagrama de bloques de un sistema de procesado digital de señal en tiempo real enumerando los parámetros significativos de cada bloque.
- \* Organizar la información obtenida a partir de la información que se ha consultado.
- \* Discutir trabajos y resultados finales, propios y ajenos.
- \* Análisis y caracterización de señales en tiempo discreto.
- \* Realizar un análisis en frecuencia de señales en tiempo discreto.
- \* Adquirir capacidad de ordenar y relacionar ideas con ayuda de los métodos matemáticos.
- \* Manejar las herramientas numéricas y gráficas del análisis de datos estadísticos.
- \* Realizar un análisis en frecuencia de señales de tiempo continuo.
- \* Realizar operaciones básicas con señales y funciones.