



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros  
Informaticos

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

105000043 - Procesamiento Digital De La Señal

### PLAN DE ESTUDIOS

10II - Grado En Ingenieria Informatica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	12

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	105000043 - Procesamiento Digital de la Señal
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Sexto semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	10II - Grado en Ingeniería Informática
<b>Centro responsable de la titulación</b>	10 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Informaticos
<b>Curso académico</b>	2023-24

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Antonio Tabernero Galan (Coordinador/a)	5208	antonio.tabernero@upm.es	Sin horario. Se publicarán en Moodle
Esther Dopazo Gonzalez	5211	esther.dopazo@upm.es	Sin horario. Se publicarán en Moodle.

Jose Crespo Del Arco	5214	jose.crespo@upm.es	Sin horario. Se publicaran en Moodle
----------------------	------	--------------------	--

\* 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

- Algoritmica Numerica

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

- Se suponen conocimientos del entorno MATLAB, (al nivel de los adquiridos en la asignatura de ALGORITMICA NUMÉRICA en 3º semestre)

### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

#### 4.1. Competencias

CG-1/21 - Capacidad de resolución de problemas aplicando conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.

CG-6 - Capacidad de abstracción, análisis y síntesis

Ce 44 - Conocimiento de tecnologías punteras relevantes y su aplicación.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA366 - Manejo / Programación de MATLAB en aplicaciones de procesado digital.

RA367 - Conocer y comprender los fundamentos matemáticos de las técnicas de DSP.

RA368 - Resolver problemas y aplicar algoritmos en diversas aplicaciones de DSP.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

El abaratamiento de los sensores y el aumento de la capacidad de cálculo de los procesadores ha provocado un auge de las aplicaciones de adquisición y procesamiento de datos.

Por otra parte, debido a la flexibilidad del software es cada vez es más habitual que tareas que antes se realizaban en hardware se implementen ahora en software, bien sobre procesadores especializados (DSPs), dispositivos reprogramables (FPGAs), o simplemente sobre procesadores de carácter general (PCs).

En este curso se pretende dar una visión de los fundamentos y técnicas básicas de la adquisición de datos, su muestreo y el procesado digital de las señales resultantes. La parte práctica se desarrollará a través de laboratorios en MATLAB, presentando diversas aplicaciones que ilustren el interés de este tipo de técnicas.

## 5.2. Temario de la asignatura

### 1. ADQUISICIÓN DE DATOS

1.1. Sensores

1.2. Acondicionamiento de señal

1.3. Conversores Digital/Analógicos (introducción al muestreo y cuantificación)

### 2. SEÑALES BÁSICAS. REPRESENTACIÓN EN FRECUENCIA. MUESTREO.

2.1. Sinusoides: amplitud, frecuencia y fase. Uso de fasores y exponenciales complejas. Señales aleatorias, impulsos, escalón.

2.2. Descomposición en frecuencias de una señal: series de Fourier, transformadas de Fourier. Relación TF señal continua y discreta.

2.3. Teorema del muestreo: frecuencia Nyquist.

### 3. INTRODUCCIÓN al PROCESADO DIGITAL

3.1. Introducción al DSP y sus operaciones básicas: convolución, filtrado, etc. y su implementación en MATLAB.

3.2. Manejo y adquisición de señales en MATLAB.

### 4. SISTEMAS DISCRETOS

4.1. Introducción al procesamiento digital y sus operaciones básicas: filtrado, convolución, etc. Implementación y manejo de datos en MATLAB

4.2. Clasificación de sistemas discretos. Sistemas lineales invariantes. Teorema de convolución, etc.

4.3. Filtros FIR e IIR: parámetros básicos de un filtro. Diseño de filtros con MATLAB

4.4. Transformada discreta de Fourier (DFT) y algoritmo rápido de DFT (FFT).

### 5. IMPLEMENTACIÓN Y APLICACIONES (Prácticas y trabajo en Laboratorio durante el curso)

5.1. Presentación de diversas aplicaciones de DSP: Filtrado adaptativo, Transformada local de Fourier, Software Defined Radio, Compresión de datos.

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Clase Aula</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Clase Lab: si no se dispone de aulas informáticas los alumnos realizarán estas prácticas en sus propios portátiles</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
2	<b>Clase Aula</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Clase Lab: si no se dispone de aulas informáticas los alumnos realizarán estas prácticas en sus propios portátiles</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
3	<b>Clase Aula</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Clase Lab: si no se dispone de aulas informáticas los alumnos realizarán estas prácticas en sus propios portátiles</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
4	<b>Clase Aula</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Clase Lab: si no se dispone de aulas informáticas los alumnos realizarán estas prácticas en sus propios portátiles</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5	<b>Clase Aula</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Clase Lab: si no se dispone de aulas informáticas los alumnos realizarán estas prácticas en sus propios portátiles</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Ejercicios a entregar durante el curso de la parte de teoría (de forma individual o por parejas). Pueden ser o no presenciales.</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación continua Presencial Duración: 00:00
6	<b>Clase Aula</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	<b>Clase Lab: si no se dispone de aulas informáticas los alumnos realizarán estas prácticas en sus propios portátiles</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
7	<b>Clase Aula</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Clase Lab: si no se dispone de aulas informáticas los alumnos realizarán estas prácticas en sus propios portátiles</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		

8	<p><b>Clase Aula</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Clase Lab: si no se dispone de aulas informáticas los alumnos realizarán estas prácticas en sus propios portátiles</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
9	<p><b>Clase Aula</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Clase Lab: si no se dispone de aulas informáticas los alumnos realizarán estas prácticas en sus propios portátiles</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p><b>Prácticas/Tareas de la parte de Laboratorio. Se distribuirán durante el curso y se entregarán por grupos. Si no se dispone de Aulas Informáticas los alumnos realizarán estas prácticas en sus propios portátiles</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:00</p>
10	<p><b>Clase Aula</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Clase Lab: si no se dispone de aulas informáticas los alumnos realizarán estas prácticas en sus propios portátiles</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
11	<p><b>Clase Aula</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Clase Lab: si no se dispone de aulas informáticas los alumnos realizarán estas prácticas en sus propios portátiles</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
12	<p><b>Clase Aula</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Clase Lab: si no se dispone de aulas informáticas los alumnos realizarán estas prácticas en sus propios portátiles</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
13	<p><b>Clase Aula</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p><b>Clase Lab: si no se dispone de aulas informáticas los alumnos realizarán estas prácticas en sus propios portátiles</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
14	<p><b>Clase Aula</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p><b>Clase Lab: si no se dispone de aulas informáticas los alumnos realizarán estas prácticas en sus propios portátiles</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
15	<p><b>Clase Aula</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Examen escrito de problemas. Se realizará en el horario de clase o en la franja de evaluación alrededor de la semana 14 o 15.</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p> <p><b>Examen Laboratorio. Se realizará en horario de clase o en la franja de evaluación en la última semana</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial</p>



				Duración: 02:00
16				
17				<b>Examen escrito de problemas (todo el temario)</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 02:00  <b>Examen Laboratorio (todo el temario)</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 02:00

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 derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 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
5	Ejercicios a entregar durante el curso de la parte de teoría (de forma individual o por parejas). Pueden ser o no presenciales.	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	00:00	30%	/ 10	CG-6 CG-1/21
9	Prácticas/Tareas de la parte de Laboratorio. Se distribuirán durante el curso y se entregarán por grupos. Si no se dispone de Aulas Informáticas los alumnos realizarán estas prácticas en sus propios portátiles	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	30%	/ 10	CG-1/21 Ce 44
15	Examen escrito de problemas. Se realizará en el horario de clase o en la franja de evaluación alrededor de la semana 14 o 15.	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	20%	2.5 / 10	CG-1/21 CG-6
15	Examen Laboratorio. Se realizará en horario de clase o en la franja de evaluación en la última semana	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	20%	2.5 / 10	CG-1/21 Ce 44

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen escrito de problemas (todo el temario)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	4 / 10	CG-6 CG-1/21
17	Examen Laboratorio (todo el temario)	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	50%	4 / 10	CG-1/21 Ce 44

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen de problemas	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	4 / 10	CG-6 CG-1/21
Examen de Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	02:00	50%	4 / 10	CG-1/21 Ce 44

## 7.2. Criterios de evaluación

### Evaluación progresiva:

Hay dos partes que contribuyen a la evaluación de la asignatura, tal y como consta en las "ACTIVIDADES de EVALUACIÓN":

1. TEORÍA: se evalúa mediante ejercicios y problemas de concepto (30%) a realizar a lo largo del curso de forma individual o por grupos y que se entregarán en las fechas indicadas. Adicionalmente se realizará un examen individual con ejercicios del mismo tipo que los resueltos en clase (20%).
2. LABORATORIO: se evalúa mediante entregas de clase, prácticas y tareas de implementación (30%). También habrá una prueba individual computacional (20%) al final del semestre.

Si no se dispone de Aulas Informáticas los alumnos realizarán las prácticas de Laboratorio en sus propios portátiles.

En los trabajos entregados en grupo (tanto de teoría como de laboratorio) el profesor podrá citar a alumnos individualmente para que justifiquen o expliquen su participación en el proyecto.

Cada parte supone el 50% de la nota de la asignatura y **se debe obtener un mínimo de 3 en cada una de ellas.**

### Prueba de evaluación global:

Los alumnos que no superen la asignatura en evaluación progresiva podrán presentarse a una prueba global en la fecha asignada por Jefatura de Estudios. En esta prueba se asume que los alumnos han trabajado y están familiarizados con los ejercicios, laboratorios y prácticas realizadas durante el curso.

La prueba consistirá de un examen de problemas y otro de laboratorio, cada uno con un peso del 50%. Se necesitará obtener una nota superior a 4/10 en cada uno de ellos y superior a 5/10 en la media de ambos.

Los alumnos que hayan cursado la asignatura en evaluación progresiva podrán presentarse solo a una de las partes (problemas / laboratorio) si durante el curso han alcanzado una nota mínima de 4 en la otra parte.

### **Examen Extraordinario de Julio:**

La prueba consistirá de un examen de problemas y otro de laboratorio, cada uno con un peso del 50%. Se necesitará obtener una nota superior a 4/10 en cada uno de ellos y superior a 5/10 en la media de ambos.

En esta prueba se asume que los alumnos han trabajado y están familiarizados con los ejercicios, laboratorios y prácticas realizadas durante el curso durante el curso..

Los alumnos que (bien en la evaluación progresiva o en la prueba global) hayan alcanzado un 4/10 en una de las partes (problemas / laboratorio) podrán presentarse solo a la otra parte.

A los alumnos que adelanten la convocatoria de julio a enero se les aplicarán las mismas normas especificadas en este apartado.

-----

Se recuerda que según la Normativa de Evaluación UPM, en caso de fraude académico en pruebas de evaluación o prácticas se calificará con la puntuación de cero al estudiante o estudiantes implicados en la calificación final de la convocatoria correspondiente. Además, en función de la gravedad del caso, el Tribunal de la asignatura podrá acordar la realización de un examen especial para evaluar los resultados de aprendizaje de la asignatura en la siguiente convocatoria oficial.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Data Acquisition Handbook ( <a href="https://www.mccdaq.com/pdfs/anpdf/data-acquisition-handbook.pdf">https://www.mccdaq.com/pdfs/anpdf/data-acquisition-handbook.pdf</a> )	Recursos web	
"Practical Electronics for Inventors", Paul Scherz (PDF)	Recursos web	
"DSP first, A multimedia approach" McClelland, Schafer, Yoder 1998 Prentice Hall	Bibliografía	
"Signal Processing using MATLAB" McClelland et al. MATLAB Curriculum Series, Prentice Hall	Bibliografía	
"Tratamiento de Señales en tiempo discreto", Oppenheim, Schafer Prentice Hall Processing Series	Bibliografía	
"Tratamiento Digital de Señales: Principios, Algoritmos y aplicaciones" John G. Proakis. Dimitris G. Manolakis, Prentice-Hall	Bibliografía	
"Schaum's Outline of Digital Signal Processing", Monson Hayes, McGraw-Hill, 2ª ed., 2011	Bibliografía	
"Schaum's Outline of Signals and Systems", Hwei Hsu, McGraw-Hill, 3ª ed., 2013.	Bibliografía	
<a href="https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/login/login.php">https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/login/login.php</a>	Recursos web	Curso Moodle de la asignatura.

Aula Informática (a determinar)	Equipamiento	
---------------------------------	--------------	--

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de causas sobrevenidas. La información real y actualizada sobre su implementación en el semestre corriente (calendario, horario, fechas, plazos, avisos, etc.), se publicará en el curso Moodle de la asignatura. Cualquier conflicto, deficiencia, inconsistencia o discrepancia entre la información de esta guía y la publicada en el curso Moodle deberá ser resuelta en favor de este segundo.

Si es posible, tanto los exámenes de convocatoria como los exámenes y prácticas computacionales presenciales se realizarán en Aulas Informáticas. Si no se dispone de Aulas Informáticas los alumnos realizarán estas prácticas en sus propios portátiles. Para este fin, la Biblioteca del Centro dispone de un servicio de préstamo de portátiles.