



# Procesamiento Digital de la Señal

## Guía de Aprendizaje – Información al estudiante

### 1. Datos Descriptivos

<b>Asignatura</b>	Procesamiento Digital de la Señal
<b>Materia</b>	Optativa
<b>Departamento responsable</b>	Lenguajes y Sistemas Informáticos e Ingeniería del Software
<b>Créditos ECTS</b>	6
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Titulación</b>	Graduado/a en Ingeniería Informática por la Universidad Politécnica de Madrid
<b>Curso</b>	3º
<b>Especialidad</b>	No aplica

<b>Curso académico</b>	2013-2014
<b>Semestre en que se imparte</b>	Segundo (febrero a junio)
<b>Semestre principal</b>	6T (Febrero-Junio 3º curso)
<b>Idioma en que se imparte</b>	Español
<b>Página Web</b>	Página Moodle de la asignatura ( <a href="http://web3.fi.upm.es/AulaVirtual">http://web3.fi.upm.es/AulaVirtual</a> )



**POLITÉCNICA**



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA**  
Campus de Montegancedo  
Boadilla del Monte. 28660 Madrid

## 2. Profesorado

<b>NOMBRE Y APELLIDO</b>	<b>DESPACHO</b>	<b>Correo electrónico</b>
Antonio Tabernero (Coordinador)	5202	ant@fi.upm.es
Esther Dopazo	5211	edopazo@fi.upm.es
José Crespo	2311	jcrespo@fi.upm.es

## 3. Conocimientos previos requeridos para poder seguir con normalidad la asignatura

<b>Asignaturas superadas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>•</li></ul>
<b>Otros resultados de aprendizaje necesarios</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se suponen conocimientos del entorno MATLAB, (al nivel de los adquiridos en la asignatura de ALGORITMICA NUMÉRICA en 3º semestre)</li></ul>



## 4. Objetivos de Aprendizaje

<b>COMPETENCIAS ASIGNADAS A LA ASIGNATURA Y SU NIVEL DE ADQUISICIÓN</b>		
<b>Código</b>	<b>Competencia</b>	<b>Nivel</b>
CG1	Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería.	3
CG2	Capacidad de aplicar la teoría a la práctica: elección y uso de los métodos analíticos y de modelización relevantes.	3
CG3	Capacidad de organizar su propio trabajo de forma independiente	2
CG21	Capacidad para aplicar conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.	2
CE12-16	Conocer los campos de aplicación de la informática, y tener una apreciación de la necesidad de poseer unos conocimientos técnicos profundos en ciertas áreas de aplicación; apreciación del grado de esta necesidad en por lo menos una situación;	2
CE44	Conocimiento de tecnologías punteras relevantes y su aplicación	1
CE1	Conocimiento de las técnicas y herramientas básicas de procesado de señales.	3
CE2	Comprensión y dominio de los conceptos básicos de sistemas lineales y las funciones y transformadas relacionadas con el procesado digital.	3
CE3	Capacidad para analizar, codificar, procesar y transmitir información multimedia empleando técnicas de procesado digital de la señal.	2
CE4	Conocimiento de los parámetros fundamentales de las técnicas de modulación empleadas en sistemas de comunicaciones.	1

LEYENDA: Nivel de competencia: conocimiento (1), comprensión (2), aplicación (3) y análisis y síntesis (4),



**POLITÉCNICA**



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA**  
Campus de Montegancedo  
Boadilla del Monte. 28660 Madrid

<b>RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA</b>			
<b>Código</b>	<b>Resultado de aprendizaje</b>	<b>Competencias asociadas</b>	<b>Nivel adquisición</b>
RA1	Manejo / Programación de MATLAB en aplicaciones de procesado digital.	CG3 CE1	
RA2	Conocer y comprender los fundamentos matemáticos de las técnicas de DSP.	CG-1/2/3/21 CE-2/3/4 CE12-16-44	
RA3	Resolver problemas y aplicar algoritmos en diversas aplicaciones de DSP.	CG 1/2/3/21 CE-1/3/4 CE 12-16-44	



## 5. Sistema de evaluación de la asignatura

INDICADORES DE LOGRO		
Ref	Indicadores	RA relacionados
I1	Entender la problemática del muestreo y cuantificación de señales continuas.	RA2
I2	Familiarizarse con el uso de exponenciales complejas	RA2
I3	Entender el efecto de los cambios de amplitud/frecuencia/fase en una senoide y su influencia en las técnicas de modulación / demodulación.	RA1-RA2
I4	Definir parámetros básicos de un filtro digital y diseñar filtros sencillos (IIR, FIR) usando MATLAB.	RA1-RA2
I5	Ser capaz de visualizar la descripción de un sistema/señal en el dominio del tiempo (convolución) y de frecuencias (transformada de Fourier).	RA1-RA2
I6	Entender la relación de la DFT con la transformada de Fourier, las series de Fourier y la FFT	RA1-RA2
I7	Ser capaces de desarrollar pequeños programas de procesamiento digital de señales.	RA1
I8	Usar las técnicas básicas de DSP en distintas aplicaciones prácticas.	RA1-RA3

EVALUACION SUMATIVA			
Breve descripción de las actividades evaluables	Momento	Lugar	Peso en la calif.
Pruebas durante el curso: (problemas/ test / ejercicios computacionales en lab).	Se programarán durante el curso.	Clase / Casa / Aula informática.	70 %
Prácticas	Entregas durante el curso. Fecha a confirmar en clase.	Entrega remota.	30 %
			<b>Total: 100%</b>



### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

El método de evaluación de la asignatura es el de evaluación continua.

Conforme a la normativa UPM, se admite también el método de evaluación única para aquellos alumnos que así lo deseen. Para ello, deben solicitarlo de por escrito al coordinador de la asignatura en un plazo no superior a 30 días a partir del inicio de las clases.

#### Evaluación habitual (continua):

Para poder ser evaluado de manera continua se requiere una asistencia mínima al 60% a las actividades de la asignatura.

Hay dos partes que contribuyen a la evaluación continua de la asignatura, tal y como consta en el apartado "Evaluación Sumativa" y que también se reflejan en la siguiente tabla:

TIPO	Carácter	Nota mínima	Porcentaje
1) Problemas / Tests / Exámenes en Laboratorio	Obligatorio	3	70%
3) Practicas	Obligatorio	--	30%

- 1) Durante el curso se propondrán **problemas** a resolver por el alumno así como pequeños **exámenes de tipo test o cuestiones** de respuesta corta. Los problemas se realizarán de forma individual y se entregarán en la fecha indicada. Los exámenes/tests se llevarán a cabo durante las horas de clase o en el horario de evaluación reservado por Jefatura de Estudios. También se programarán **ejercicios computacionales evaluables**, que evaluarán la capacidad de implementar los algoritmos y métodos aprendidos en el entorno de MATLAB. Dichos ejercicios tendrán lugar durante el curso, en horario de clases y en el Aula Informática. Las fechas de estas pruebas serán debidamente anunciadas en clase y a través del sistema de avisos del Aula Virtual (Moodle)

El resultado de esta parte supondrá un 70% de la nota final y **se debe obtener un mínimo de 3 en ella.**

- 2) **Prácticas:** Durante el curso se propondrán una serie de prácticas donde se tendrá ocasión de aplicar las técnicas de DSP adquiridas en diversas aplicaciones. Para la realización de estas prácticas se dará un



### **CRITERIOS DE CALIFICACIÓN**

guión y el profesor supervisará el inicio de la práctica durante una clase de laboratorio (2h). La práctica será completada posteriormente por los alumnos y entregada aproximadamente una semana después de la clase de laboratorio. Cada práctica tendrá habitualmente una parte opcional para aquellos alumnos interesados en obtener la máxima nota. Estas prácticas suponen un 30% de la nota final.

#### **Evaluación única (sólo prueba final):**

De acuerdo con la normativa de exámenes (artículo 20.2) de la universidad, se permite una evaluación única, no continua, para aquellos alumnos que así lo soliciten. Los alumnos que lo deseen deberán solicitarlo por escrito al coordinador de la asignatura en un plazo no superior a 30 días tras el inicio de las clases.

Esta evaluación consistirá en un examen con una parte de problemas/test y otra práctica (aula informática) cada una con igual peso, y que se realizará en las fechas establecidas por jefatura de estudios al final del semestre.

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

Acorde a la normativa de la universidad, se establece una convocatoria extraordinaria que se evaluará a través del método de sólo prueba final.



## 6. Contenidos y Actividades de Aprendizaje

<b>CONTENIDOS ESPECÍFICOS</b>		
<b>Bloque / Tema</b>	<b>Apartado</b>	<b>Indicadores de Logro</b>
<b>BLOQUE 1 / Tema 1: Introducción al procesado digital. Operaciones básicas. Repaso MATLAB.</b>	Situación de la asignatura en el contexto del Grado en Informática. Introducción al DSP y sus operaciones básicas: convolución, filtrado, etc. y su implementación en MATLAB. Manejo / Adquisición de señales (audio, imágenes, video) en MATLAB.	17 18
<b>BLOQUE 1 / Tema 2: Señales básicas. Dominio de frecuencias. Muestreo.</b>	Sinusoides: amplitud, frecuencia y fase. Uso de fasores y exponenciales complejas. Introducción a números complejos. Señales aleatorias, impulsos, escalón. Descomposición en frecuencias de una señal: series de Fourier, transformadas de Fourier. . Relación TF señal continua y discreta. Teorema del muestreo: frecuencia Nyquist, aliasing, filtros antialiasing.	11 12 13 16
<b>BLOQUE 1 / Tema 3: Sistemas digitales. Filtros IIR y FIR.</b>	Clasificación de sistema discretos. Respuesta de impulso de un SLI Respuesta en frecuencias: filtros pasabajo, pasoalto, etc. Teorema de convolución Sistemas Lineales Invariantes (SLI): ecuaciones en diferencias lineales. Parámetros básicos de filtros. Diseño de filtros con MATLAB	14 15 17
<b>BLOQUE 1 / Tema 4: Transformada Discreta de Fourier</b>	Transformada discreta de Fourier (DFT). Algoritmo rápido de DFT (FFT). Transformada local de Fourier.	16
<b>BLOQUE 2: APLICACIONES</b>	Presentación de diversas aplicaciones de DSP. Realización de prácticas y trabajo en laboratorio	17 18





## **7. Breve descripción de las modalidades organizativas utilizadas y de los métodos de enseñanza empleados**

- **CLASES en AULA:** el profesor es el actor principal, con actividades como:
  1. Exposición de los contenidos sobre la materia objeto de estudio, de una forma organizada, con el objetivos de motivar al alumno, exponer los contenidos sobre el tema, explicar conocimientos, etc.
  2. Ilustración de los contenidos del tema mediante demostraciones.
  3. Resolución de problemas, tanto sobre la pizarra, como sobre el ordenador, en el caso de ejercicios computacionales.
- **CLASES de LABORATORIO:** Clases impartidas en aula informática con acceso a los recursos computacionales que se necesitan para el desarrollo de la materia. El alumno trabaja individualmente y su objetivo es desarrollar las soluciones adecuadas para la realización de rutinas, aplicación de fórmulas o algoritmos, etc. Todo esto se realizará bajo la supervisión del profesor y su intención principal es la de aplicar lo ya aprendido y desarrollar el manejo del alumno en el entorno MATLAB.
- **PRACTICAS:** Clases impartidas en aula informática. El alumno trabaja individualmente o en grupos muy reducidos (2-3 estudiantes), siguiendo un guión aportado por el profesor. A diferencia con las clases de laboratorio se tratará de forma más intensiva y completa un problema o aplicación real (obviamente dimensionados al nivel del curso). El objetivo es que el alumno relacione las técnicas básicas aprendidas con situaciones reales, diagnosticando problemas, entendiendo los parámetros básicos, etc.
- **EVALUACIÓN:** mediante exámenes de laboratorio, corrección de problemas y prácticas, exámenes de tipo test o respuesta corta, etc. Ver apartado 5 anterior.



## 8. Recursos didácticos

<b>RECURSOS DIDÁCTICOS</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	MATLAB PRIMER: <a href="http://terpconnect.umd.edu/~nsw/ench250/primer.htm">http://terpconnect.umd.edu/~nsw/ench250/primer.htm</a> Numerical Computing with MATLAB: <a href="http://www.mathworks.com/moler/">http://www.mathworks.com/moler/</a>
	"DSP first, A multimedia approach" McClelland, Schafer, Yoder 1998 Prentice Hall
	"Signal Processing using MATLAB" McClelland et al. MATLAB Curriculum Series, Prentice Hall
	"Tratamiento de Señales en tiempo discreto", Oppenheim, Schafer Prentice Hall Processing Series
	"Tratamiento Digital de Señales: Principios, Algoritmos y aplicaciones" John G. Proakis. Dimitris G. Manolakis, Prentice-Hall
	"Digital image processing", Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods. Prentice Hall, 2ª ed., 2002.
	"Morphological Image Analysis: Principles and Applications" Pierre Soille: . Heidelberg: Springer, 2ª ed., 2003.
<b>RECURSOS WEB</b>	Página web de la asignatura ( <a href="http://">http://</a> )
	Sitio Moodle de la asignatura ( <a href="http://web3.fi.upm.es/AulaVirtual">http://web3.fi.upm.es/AulaVirtual</a> ) Para cada tema se aportará material para guiar y facilitar el estudio que estará disponible en Moodle. Típicamente por cada tema habrá: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resumen de los conceptos básicos y objetivos del tema.</li> <li>• Hoja de problemas, de los cuales el profesor resolverá algunos durante las horas de clases y el alumno los restantes en sus horas de estudio.</li> <li>• Ejercicios de implementación (para resolver usando MATLAB), de cara a preparar las pruebas de laboratorio.</li> </ul>
<b>EQUIPAMIENTO</b>	Laboratorio (Sala a determinar)
	Aula (pizarra y cañón)
	Salas informáticas para trabajar con MATLAB en grupo/individual



### Cronograma de trabajo de la asignatura

Semana	Actividades en Aula	Actividades en Laboratorio	Trabajo Individual	Trabajo en Grupo	Actividades de Evaluación	Otros
Semanas 1 -- 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>BLOQUE 1 / TEMA 1 (4 horas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clases LAB (4 horas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Repaso de MATLAB (8 horas)</li> </ul>			•
Semanas 2 -- 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>BLOQUE 1 / TEMA 2 (8 horas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clases LAB (5 horas)</li> <li>Practica (2 horas)</li> <li>Examen Lab (1 hora)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>8 horas (conceptos)</li> <li>10 horas (ejercicios LAB)</li> <li>Problemas (6 horas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 horas (practica)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PRACTICA</li> <li>EXAMEN LAB y/o PROBLEMAS/TEST</li> </ul>	•
Semanas 6 -- 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>BLOQUE 1 / TEMA 3 (4 horas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clases LAB (3 horas)</li> <li>Examen Lab (1 hora)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 horas (conceptos/prob)</li> <li>8 horas (ejercicios LAB)</li> <li>Problemas (4 horas)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>EXAMEN LAB y/o PROBLEMAS/TEST</li> </ul>	•
Semanas 8 -- 11	<ul style="list-style-type: none"> <li>BLOQUE 1 / TEMA 4 (6 horas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clase LAB (3h)</li> <li>Practica (2h)</li> <li>Examen LAB (1 hora)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>6 horas (conceptos/prob)</li> <li>8 horas (ejercicios LAB)</li> <li>Problemas (6 horas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 horas (practica)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PRACTICA</li> <li>EXAMEN LAB y/o PROBLEMAS/TEST</li> </ul>	•
Semanas 12 --15	<ul style="list-style-type: none"> <li>BLOQUE 2: APLICACIONES (8 horas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clases LAB (2 horas)</li> <li>Prácticas (8 h)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 horas (conceptos)</li> <li>4 horas (ejercicios LAB)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 horas (practica)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PRACTICAS</li> </ul>	•
Semana Exámenes	EXAMEN FINAL PROBLEMAS (2 horas) <ul style="list-style-type: none"> <li>Este examen final es sólo para aquellos alumnos que no hayan superado satisfactoriamente la parte de PROBLEMAS / TEST planteados durante el curso.</li> </ul>					•

Nota: Para cada actividad se especifica la dedicación en horas que implica para el alumno.



### COMENTARIOS al CRONOGRAMA ANTERIOR:

1. Las horas reservadas en nuestro horario para ACTIVIDADES en AULA suman 30, ajustándose a un horario de 2 h/semana x 15 semanas.
2. Las horas de LABORATORIO son asimismo 30, correspondientes también a un horario de 2 horas/semana x 15 semanas. Para tener en cuenta días no lectivos, etc. se cuenta con una semana de compensación, además de la flexibilidad de poder cambiar el número de prácticas y/o pruebas de laboratorio. En principio se cuenta con tener 4/5 prácticas y 3 pruebas de laboratorio.

3. El computo de horas de trabajo del alumno fuera del aula :

- Repaso MATLAB inicial 8 horas
- Repaso asignatura / conceptos / problemas 38 horas
- Repasar / completar ejercicios LABORATORIO 30 horas
- Completar practicas (trabajo en grupo) 16 horas
- Realización del Examen Final de Problemas + 2 horas
- HORAS TOTALES 94 horas

Estas 94 horas, sumadas a las 60 horas presenciales hacen un total de 154 horas de dedicación del alumno, equivalentes a los 6 créditos ECTS de la asignatura.

4. Estas 150/160 horas estarán repartidas uniformemente durante el semestre a razón de unas 10 horas semanales. Dado que la asignatura tiene 4 horas de clase presencial, el alumno debe contar con dedicar unas 6 horas semanales adicionales al trabajo propio repasando conceptos, haciendo problemas, resolviendo ejercicios computacionales y de implementación, etc



**POLITÉCNICA**



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA**  
Campus de Montegancedo  
Boadilla del Monte. 28660 Madrid