

## FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

<b>Datos de la asignatura</b>	
Nombre	Procesado Digital de Señal
Código	AEA32
Titulación	Grado en Ingeniería Telemática
Curso	3º
Cuatrimestre	2º
Créditos ECTS	6 ECTS
Carácter	Obligatorio
Departamento	Electrónica, Automática y Comunicaciones
Área	Telecomunicaciones
Universidad	Universidad Pontificia Comillas
Horario	Consúltese <a href="http://www.upcomillas.es/centros/cent_ica_i docu.aspx">http://www.upcomillas.es/centros/cent_ica_i docu.aspx</a>
Profesores	Javier Matanza Domingo, Carlos Rodríguez-Morcillo García, Pablo Carballeira López
Descriptor	

<b>Datos del profesorado</b>	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Javier Matanza Domingo
Departamento	Electrónica, Automática y Comunicaciones
Área	Telecomunicaciones
Despacho	D-215
e-mail	<a href="mailto:jmatanza@comillas.edu">jmatanza@comillas.edu</a>
Horario de Tutorías	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Carlos Rodríguez-Morcillo García
Departamento	Electrónica, Automática y Comunicaciones
Área	Telecomunicaciones
Despacho	IIT- SM26
e-mail	<a href="mailto:carlos.rodriguez@iit.comillas.edu">carlos.rodriguez@iit.comillas.edu</a>
Horario de Tutorías	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Pablo Carballeira López
Departamento	Electrónica, Automática y Comunicaciones
Área	Telecomunicaciones
Despacho	-
e-mail	
Horario de Tutorías	

## DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

### Contextualización de la asignatura

#### Aportación al perfil profesional de la titulación

El objetivo principal de la asignatura es dotar al alumno de los conocimientos sobre los sistemas basados en el procesamiento digital de señal, necesarios para abordar proyectos de implantación y para el análisis de planes de negocio en el sector de la provisión de servicios multimedia.

Alcanzar estos objetivos implica estudiar y comprender las diferentes técnicas de procesamiento de señal y su implantación en los dispositivos multimedia que permiten una eficiente implantación de servicios y aplicaciones.

Con objeto de obtener un conocimiento práctico de la materia, los conocimientos teóricos estarán respaldados por prácticas de laboratorio que proporcionarán una visión real de los sistemas y de las aplicaciones multimedia.

Cuando el alumno haya finalizado con provecho el curso, conocerá el funcionamiento y las prestaciones técnicas y económicas de los actuales sistemas y aplicaciones basados en el procesamiento digital de señal y tendrá una perspectiva de su evolución futura. Esto le proporcionará la capacidad de decisión sobre implantación de sistemas y aplicaciones multimedia basadas en el procesamiento digital de señal y sobre sus posibles planes de negocio. Adicionalmente, el alumno tendrá una visión global del papel del proceso digital de señal en la sociedad actual.

#### Prerrequisitos

Los prerrequisitos necesarios que el alumno debe tener para el seguimiento eficiente y fluido de la asignatura son: Conocimientos de variable compleja, cálculo diferencial e integral y de sistema de tiempo continuo. Análisis de circuitos y respuesta en frecuencia. Capacidad de lectura de textos en inglés técnico. Manejo de la herramienta de cálculo numérico Matlab y el entorno de desarrollo VHLD Quartus II.

### Competencias - Objetivos

#### Competencias Genéricas del título-curso

- CGT2. Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria durante el desarrollo de la profesión de Ingeniero Técnico de Telecomunicación y facilidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
- CGT3. Conocimiento de materias básicas y tecnologías, que le capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y tecnologías, así como que le dote de una gran versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
- CGT6. Facilidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
- CGT7. Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.

#### Competencias Específicas

CETM1. Capacidad de construir, explotar y gestionar las redes, servicios, procesos y aplicaciones de telecomunicaciones, entendidas éstas como sistemas de captación, transporte, representación, procesado, almacenamiento, gestión y presentación de información multimedia, desde el punto de vista de los servicios telemáticos.

## Resultados de Aprendizaje

### **Conocer los fundamentos de los sistemas de tiempo continuo.**

RA1. Conocer las herramientas básicas del análisis de los sistemas en tiempo continuo.

### **Conocer la conversión analógico-digital y digital-analógico desde un punto de vista teórico, su implementación práctica y la equivalencia de los sistemas de tiempo continuo y de tiempo discreto.**

RA2. Conocer las técnicas de conversión continuo discreto y discreto continuo, los aspectos de implementación práctica.

RA3. Comprender la equivalencia entre los sistemas de tiempo continuo y los de tiempo discreto y las implicaciones en lo relativo a la implementación de sistemas.

### **Comprender y manejar los fundamentos de los sistemas de tiempo discreto.**

RA4. Conocer las herramientas básicas del análisis de los sistemas en tiempo discreto.

### **Conocer y manejar las técnicas de filtrado digital de señal.**

RA5. Conocer las técnicas de filtrado relativas a los sistemas lineales e invariantes, en particular los filtros FIR e IIR.

### **Conocer y manejar las técnicas digitales de determinación del espectro de la señal.**

RA6. Conocer y manejar los algoritmos de estimación espectral, como son la FFT y DFT y sus transformadas inversas IFFT e IDFT.

### **Comprender los fundamentos de compresión de señal.**

RA7. Comprender los conceptos de redundancia de la información y las técnicas para eliminar estas redundancias, como es la transformada DCT, y las técnicas de codificación utilizadas en compresión de señal, como es la codificación Huffman.

### **Conocer y manejar la implementación de los algoritmos de proceso digital de señal en los dispositivos y plataformas de proceso comerciales.**

RA8. Conocer las técnicas de proceso para soportar eficientemente los algoritmos de proceso digital de señal y que determinan la arquitectura de los procesadores comerciales.

## BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

### Contenidos - Bloques Temáticos

#### Bloque 1: SEÑALES CONTINUAS

Las líneas básicas contenidas en el programa se articulan alrededor de los conceptos fundamentales del álgebra lineal.

#### Tema 1: ANÁLISIS DE SEÑAL EN TIEMPO CONTINUO

- 1.1 Transformada de Fourier. Propiedades.
- 1.2 Espectro de la señal.
- 1.3 Ejemplos.

#### Bloque 2: SEÑALES DISCRETAS

#### Tema 2: MUESTREO

- 2.1 Fundamentos de la teoría de muestreo: Teorema de muestreo.
- 2.2 Implementación: Cuantificación de la señal.
- 2.3 Conversión continuo-discreto.
- 2.4 Aliasing y solapamiento.
- 2.5 Espectro de la señal muestreada.
- 2.6 Conversión discreto-continuo.
- 2.7 Cambios en la frecuencia de muestreo.

#### Tema 3: FILTROS FIR

- 3.1 Definición de filtro FIR.
- 3.2 Sistemas LTI en tiempo discreto.
- 3.3 Respuesta en frecuencia.
- 3.4 Diseño de filtros FIR.

#### Tema 4: TRANSFORMADA Y FILTROS IIR

- 4.1 Definición y propiedades.
- 4.2 La convolución y la transformada  $z$ .
- 4.3 Relación entre el dominio  $z$  y el dominio  $w$ .
- 4.4 Análisis y diseño de filtros FIR.
- 4.5 Respuesta en el dominio de la secuencia.
- 4.6 Función de transferencia.
- 4.7 Polos y ceros.
- 4.8 Respuesta en frecuencia.
- 4.9 La transformada  $z$  inversa y sus aplicaciones.
- 4.10 Consideraciones HW de los filtros discretos
- 4.11 Codificación subbanda de audio.

#### Tema 5: ANÁLISIS ESPECTRAL EN TIEMPO DISCRETO

- 5.1 Análisis espectral por filtrado.
- 5.2 Análisis espectral de señales discretas periódicas.
- 5.3 Análisis espectral de señales discretas no periódicas.
- 5.4 Transformada discreta de Fourier. DFT.
- 5.5 Transformada rápida de Fourier. FFT.

## 5.6 Técnicas de filtrado usando DFT

### Tema 6: Filtrado Adaptativo

- 6.1 Introducción
- 6.2 Filtrado Óptimo
- 6.3 Algoritmos iterativos
- 6.4 Algoritmo LMS

### Tema 7: APLICACIONES

- 7.1 Codificación de audio
- 7.2 Codificación de video
- 7.3 Estándares
- 7.4 Arquitecturas de proceso especializadas

### Bloque 3: Prácticas de Laboratorio

- 1.- Práctica 1: Muestreo.
- 2.- Práctica 2: Cuantificación no uniforme.
- 3.- Práctica 3: Cambios en la frecuencia de muestreo.
- 4.- Práctica 4: Implementación filtros FIR.
- 5.- Práctica 5: Implementación filtros IIR.
- 6.- Práctica 6: Consideraciones HW de los filtros IIR.
- 7.- Práctica 7: Filtrado con DFTs.
- 8.- Práctica 7: Filtrado Adaptativo.

## METODOLOGÍA DOCENTE

### Aspectos metodológicos generales de la asignatura

Con el fin de conseguir la adquisición de las competencias propuestas, la materia se desarrollará teniendo en cuenta la actividad del alumno como factor prioritario. Ello implicará que tanto las sesiones presenciales como las no presenciales promoverán la implicación activa de los alumnos en las actividades de aprendizaje.

### Metodología Presencial: Actividades

- 1.- **Lección expositiva:** El profesor explicará los conceptos fundamentales de cada tema incidiendo en lo más importante y a continuación se explicarán una serie de problemas tipo, gracias a los cuáles se aprenderá a identificar los elementos esenciales del planteamiento y la resolución de problemas del tema.
- 2.- **Resolución en clase de problemas propuestos:** En estas sesiones se explicarán, corregirán y analizarán problemas análogos y de mayor complejidad de cada tema previamente propuestos por el profesor y trabajados por el alumno.
- 3.- **Prácticas de laboratorio.** Se realizarán en grupos y en las aulas de laboratorio. En ellas los alumnos ejercitarán los conceptos y técnicas estudiadas utilizando para ello MATLAB y SIMULINK, así como una plataforma hardware para la ejecución de las aplicaciones desarrolladas.
- 4.- **Tutorías** se realizarán en grupo e individualmente para resolver las dudas que se les planteen a los alumnos después de haber trabajado los distintos temas. Y también para orientar al alumno en su proceso de aprendizaje.

### Metodología No presencial: Actividades

El objetivo principal del trabajo no presencial es que el alumno asimile los conceptos teóricos y domine la aplicación de procedimientos, rutinas y metodologías de los diferentes temas de la asignatura, llegando a ser capaz de poner en práctica estos conocimientos, destrezas y habilidades en la resolución de los diferentes problemas planteados.

Las principales actividades no presenciales a realizar serán:

- 1.- Estudio individual y personal por parte del alumno de los conceptos expuestos en las lecciones presenciales.
- 2.- Resolución de problemas prácticos que se corregirán en clase.
- 3.- Resolución grupal de problemas y esquemas de los conceptos teóricos.

## RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO

### HORAS PRESENCIALES

Lección magistral	Resolución de problemas	Prácticas laboratorio	Evaluación
20	18	16	6

### HORAS NO PRESENCIALES

Trabajo autónomo sobre contenidos teóricos	Trabajo autónomo sobre contenidos prácticos	Realización de trabajos colaborativos	Estudio
24	32	32	32
<b>CRÉDITOS ECTS:</b>			<b>6 (180 horas)</b>

## EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

En cada cuatrimestre se realizarán las siguientes actividades de evaluación

Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	PESO
Realización de exámenes: • Examen Final	<ul style="list-style-type: none"><li>- Comprensión de conceptos.</li><li>- Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li><li>- Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.</li><li>- Presentación y comunicación escrita.</li></ul>	45%
Para aprobar la asignatura el alumno deberá obtener al menos <b>5 puntos sobre 10</b> en el examen final de la asignatura.		
Realización de pruebas de seguimiento: • Pruebas cortas realizadas en clase, junto con las pruebas cortas final de cada tema.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Comprensión de conceptos.</li><li>- Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li><li>- Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.</li></ul>	20%
Control de prácticas	<ul style="list-style-type: none"><li>- Comprensión de conceptos.</li><li>- Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li><li>- Dominio en la resolución de problemas con ayuda del ordenador y software específico.</li><li>- Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en los problemas resueltos con ordenador.</li><li>- Capacidad de trabajo en grupo.</li><li>- Presentación y comunicación escrita.</li></ul>	35%
Para aprobar la asignatura el alumno deberá obtener al menos <b>6 puntos sobre 10</b> en las prácticas de laboratorio.		

### Calificaciones y normas de la asignatura

Calificaciones
<p>La calificación en la <b>convocatoria ordinaria</b> de la asignatura se obtendrá como:</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Un 45% la nota del examen final. En cualquier caso, para aprobar la asignatura se exigirá una nota mínima de 5 en este examen.</li><li><input type="checkbox"/> Un 20% será la nota de las pruebas de seguimiento. Estas pruebas se realizarán durante las horas de clase, una vez terminados cada uno de los temas de la asignatura.</li><li><input type="checkbox"/> Un 35% será la nota de laboratorio. Se exigirá una nota mínima de 6.</li></ul> <p><b>Convocatoria Extraordinaria</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Un 75% la nota del examen de la convocatoria extraordinaria con un mínimo de 5.</li><li><input type="checkbox"/> Un 25% será la nota de laboratorio. Se exigirá una nota mínima de 6.</li></ul>

### Normas de la asignatura

- Las pruebas de seguimiento de la asignatura no liberarán materia.
- La falta de asistencia a lo largo de todo el curso, a más de un **15% de las horas lectivas de la asignatura**, podrá implicar para el alumno la pérdida del derecho a examinarse de la asignatura en la convocatoria ordinaria de dicho curso académico (cf. **Artículo 93º. Escolaridad**, del Reglamento General de la Universidad, Normas Académicas ETSI-ICAI).
- El alumno que cometa alguna irregularidad en la realización de cualquier prueba evaluable, será calificado con Suspenso (0) en dicha prueba y se le iniciará un proceso sancionador de acuerdo con el **Artículo 168º. Infracciones y sanciones del alumnado**, del Reglamento General de la Universidad.
- En los exámenes no se permitirá el uso de libros. Las pruebas de seguimiento, el examen final y el examen extraordinario proporcionarán la información necesaria para su realización.

### PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA<sup>1</sup>

Actividades No presenciales	Fecha de realización	Fecha de entrega
• Lectura y estudio de los contenidos teóricos en el libro de texto	Después de cada clase	
• Resolución de los problemas propuestos	Semanalmente	
• Entrega de los problemas propuestos		Semanas posterior
• Preparación de las pruebas que se realizarán durante las horas de clase	Después de cada tema	
• Preparación de Examen final	Mayo	
• Elaboración de los informes de laboratorio		Semana posterior

<sup>1</sup> En la ficha resumen se encuentra una planificación detallada de la asignatura. Esta planificación tiene un carácter orientativo y las fechas podrán irse adaptando de forma dinámica a medida que avance el curso.

## **BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS**

### **Bibliografía Básica**

- Apuntes de la asignatura colgados en la WEB.
- DSP First. McClellan, Schafer, Yoder. Prentice-Hall 1998.
- A Digital Signal Processing Primer. K. Steiglitz. Addison-Wesley 1996.
- Concepts in Systems and Signals, J. D. Sherrick. Prentice-Hall 2001.

### **Bibliografía Complementaria**

- Discrete-Time Signal Processing (2nd Edition). Oppenheim, Schafer, Buck. Prentice-Hall.
- Digital Signal Processing Handbook. Vijay K. Madisetti, Douglas B. Williams. Chapman & Hall.
- Advanced Signal Processing Handbook. Editor Stergios Stergiopoulos. CRC Press.

### **FICHA RESUMEN**

Ver páginas siguientes.

## PLANIFICACIÓN SEMANAL

Actividad						
Sem	Contenido	Tem.	Actividades Formativas Presenciales	Notas	H.P.	No P.
1	Repaso de los conceptos de espectro de señal continua y muestreo	1	Lección expositiva, resolución en clase de problema, tutorías		4	8
2	Muestreo de señales continuas.	1y2	Lección expositiva, resolución en clase de problema, tutorías	Introducción al muestreo. Descripción del proceso necesario para muestrear y cuantificar	4	8
3	Convertidores CD-DC y cambios de Fs en el dominio discreto	2	Lección expositiva, resolución en clase de problema, tutorías	Descripción del proceso de reconstrucción. Efecto de la cuantificación como fuente de ruido. Ejercicios	4	8
4	Lab1: Muestreo	2	Laboratorio		2	4
4	Ejercicios Tema 2 y Filtrado Discreto	2	Lección expositiva, resolución en clase de problema, tutorías	Ejercicios del tema	2	4
5	Lab2: Cuantificación No Uniforme	2	Laboratorio		2	4
5	Examen Parcial Tema 1 y 2	2	Control de los contenidos del tema 1 y 2. Resolución en clase.		2	4
6	Lab : Cambio Fs en el dominio discreto	2	Laboratorio		2	4
6	Filtros FIR	3	Lección expositiva, resolución en clase de problema, tutorías	Diseño y análisis	2	4
7	Filtros FIR e IIR	3y4	Lección expositiva, resolución en clase de problema, tutorías	Diseño y análisis	4	8
8	Lab : Filtros FIR	3	Laboratorio		2	4
8	Transformada Z, filtros IIR y consideraciones HW	4	Lección expositiva, resolución en clase de problema, tutorías	Motivación del uso de la T.Z. e introducción de las ideas básicas	2	4
9	Lab : Filtros IIR	4	Laboratorio		2	4
9	Consideraciones HW de los filtros discretos y codificación subbanda	4	Teoría de IIR - sin llegar a las consideraciones HW.	Introducción a filtros IIR y cómo puede aplicarse la T.Z.	2	4
10	Lab : Filtros IIR (Consideraciones HW)	4	Laboratorio		2	4
10	Tema 3 y 4 - Ejercicios	4	Lección expositiva, resolución en clase de problema, tutorías	Ejercicios del tema 3 y 4	2	4
11	Transformada discreta de Fourier y filtrado con DFTs	4	Lección expositiva, resolución en clase de problema, tutorías	Ejercicios del tema 3 y 4	2	4
11	Examen Parcial Tema 3 y 4	3y4	Control de los contenidos del tema 3 y 4. Resolución en clase.		2	4
SEMANA SANTA						
12	Lab : Filtrado con DFTs	5	Laboratorio		2	4
12	Transformada discreta de Fourier.	5	Lección expositiva, resolución en clase de problema, tutorías	Motivación, ideas básicas y su relación con la TdF	2	4
13	Cálculo eficiente de la DFT: la FFT y Filtrado Adaptativo	5 y 6	Lección expositiva, resolución en clase de problema, tutorías	Relacionar la TdF con la DFT. Estudiar bajo qué condiciones puedo utilizarla para filtrar señales.	4	8
14	Lab : Filtrado adaptativo	6	Laboratorio		2	4
14	Aplicación y ejercicios de filtrado adaptativo	6	Lección expositiva, resolución en clase de problema, tutorías	Aplicación y ejercicios de filtrado adaptativo	2	4
15	Aplicaciones de PDS: codificación de vídeo y audio	7	Lección expositiva, resolución en clase de problema, tutorías	Repaso general, ejercicios y resolución de dudas.	4	8
	Examen final					9
				Total	60	120
				Horas	180	
				ECTS	6,00	