



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



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

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

595300025 - Procesado Digital De La Señal

PLAN DE ESTUDIOS

59ET - Doble Grado En Ing.Electronica De Comunicaciones Y En Ing.Telematica

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - 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.....	7
8. Recursos didácticos.....	9
9. Otra información.....	10

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	595300025 - Procesado Digital de la Señal
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Tercero curso
Semestre	Quinto semestre Sexto semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	59ET - Doble Grado en Ing.electronica de Comunicaciones y en Ing.telematica
Centro responsable de la titulación	59 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieria Y Sistemas De Telecomunicacion
Curso académico	2021-22

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Juan Carlos Gonzalez De Sande	7005	juancarlos.gonzalez@upm.es	Sin horario. Cita previa
Jose Manuel Pardo Martin	8414	josemanuel.pardo@upm.es	Sin horario. Cita previa

Eduardo Latorre Iglesias	8202	eduardo.latorre.iglesias@upm.es	Sin horario. Cita previa
Cesar Diaz Martin (Coordinador/a)	8210	cesar.diazm@upm.es	Sin horario. Cita previa

* 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

- Calculo Ii
- Señales Y Sistemas
- Calculo I
- Algebra Lineal

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Doble Grado en Ing.electronica de Comunicaciones y en Ing.telematica no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

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 TEL04 - Capacidad de analizar y especificar los parámetros fundamentales de un sistema de comunicaciones.

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.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA482 - Comprender la utilidad, funcionamiento eléctrico y especificaciones técnicas de los subsistemas que constituyen la cadena de conversión en un Sistema de Adquisición de Datos Multicanal (Multiplexor analógico, Circuito de muestreo y retención (SH), Particularidades del Convertidor Digital-Analógico (DAC) y de los Convertidores Analógico Digital (ADC) en los sistemas de medida, Tensiones de referencia)

RA483 - Ser capaz de analizar el comportamiento de la cadena de conversión analógico digital y las estructuras utilizadas en los Sistemas de Adquisición de Datos

RA207 - Operar con números complejos.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

En esta asignatura se introducen algunas de las principales técnicas de procesamiento digital de señales deterministas. En este sentido, la asignatura puede verse como una continuación de la asignatura "Señales y Sistemas", profundizando en la parte de señales y sistemas en tiempo discreto que se comenzó a ver en dicha asignatura. En cuanto al temario, está dividido en tres grandes bloques:

1. **Muestreo y procesamiento digital de señales continuas.** En este tema se muestra el diagrama de bloques utilizado para tomar muestras de una señal continua con el fin de procesarla en un microprocesador digital, se revisa el teorema de muestreo, se discute cómo diseñar un sistema discreto para que sea equivalente a un sistema continuo dado (y viceversa), se analiza el ruido de cuantificación que aparece en conversores continuo-discreto reales, y se realiza una introducción al procesamiento multi-tasa (esto es, al cambio de velocidad de muestreo sin salir del dominio digital).
2. **Transformada discreta de Fourier (DFT).** En este tema se presenta una de las principales herramientas utilizadas actualmente en los sistemas de procesamiento de señales: la transformada discreta de Fourier (DFT). La DFT permite calcular la transformada de Fourier de una secuencia discreta en un

microprocesador de un modo sencillo y rápido (mediante su versión rápida, la FFT). Aquí se define la DFT, se discute su relación con la transformada y el desarrollo en serie de Fourier, y se presentan dos de las aplicaciones principales de la DFT: el análisis espectral y el filtrado.

3. **Diseño de filtros selectivos en frecuencia.** En este tema se proporcionan mecanismos de diseño de uno de los tipos de filtros más habituales en la práctica: filtros selectivos en frecuencia. Centrándonos en los filtros paso bajo, se proporcionan métodos para diseñar filtros de respuesta finita al impulso (FIR) y de respuesta infinita al impulso (IIR). Por último, se presentan algunas de las principales estructuras utilizadas para la construcción de filtros en la práctica (tanto en hardware como en software).

Además de estos tres temas, la asignatura dispone de un laboratorio (5 prácticas de simulación realizadas con Matlab) en el que se revisarán los conceptos fundamentales de cada uno de los tres temas.

5.2. Temario de la asignatura

1. Procesado digital de señales continuas
 - 1.1. Introducción
 - 1.2. Muestreo de señales continuas
 - 1.3. Procesado en tiempo discreto de señales continuas
 - 1.4. Procesado en tiempo continuo de señales discretas
 - 1.5. Cambio de la velocidad de muestreo
2. La transformada discreta de Fourier (DFT)
 - 2.1. Introducción
 - 2.2. DFT: definición, cálculo, relaciones y propiedades
 - 2.3. Introducción al análisis espectral mediante la DFT
 - 2.4. Filtrado de señales mediante la DFT
3. Diseño de filtros
 - 3.1. Introducción
 - 3.2. Diseño de filtros FIR
 - 3.3. Diseño de filtros IIR
 - 3.4. Comparación entre métodos de diseño y tipos de filtros
 - 3.5. Estructuras para la implementación de filtros digitales

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Presentación Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 1 - Muestreo y equivalencia de sistemas Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Presentación Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 1 - Muestreo y equivalencia de sistemas Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
2	Tema 1 - Muestreo y equivalencia de sistemas Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 1 - Interpolación y Diezmado Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tema 1 - Muestreo y equivalencia de sistemas Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 1 - Interpolación y Diezmado Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
3	Tema 1 - Interpolación y Diezmado Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica de Laboratorio con Matlab Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Tema 1 - Interpolación y Diezmado Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
4	Problemas del Tema 1 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		Problemas del Tema 1 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
5	Tema 2 - DFT & IDFT Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica de Laboratorio con Matlab Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Tema 2 - DFT & IDFT Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Test del Tema 1 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:30
6	Tema 2 - Análisis Espectral Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tema 2 - Análisis Espectral Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
7	Tema 2 - Filtrado Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica de Laboratorio con Matlab Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Tema 2 - Filtrado Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
8	Problemas del Tema 2 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		Problemas del Tema 2 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	
9	Tema 3 - Introducción al filtrado Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica de Laboratorio con Matlab Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Tema 3 - Introducción al filtrado Duración: 01:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Test de los Temas 1 y 2 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:30

10	Tema 3 - Diseño de filtros FIR Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tema 3 - Diseño de filtros FIR Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
11	Tema 3 - Diseño de filtros IIR Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica de Laboratorio con Matlab Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Tema 3 - Diseño de filtros IIR Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
12	Tema 3 - Estructuras Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Tema 3 - Estructuras Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
13	Problemas del Tema 3 Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		Problemas del Tema 3 Duración: 01:30 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Test de los Temas 1-3 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:30 Examen Final de Laboratorio EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
14				
15				
16				
17				Examen Final de Evaluación Continua EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00 Examen para Alumnos que soliciten Evaluación sólo mediante Prueba Final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 05:00

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 continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
5	Test del Tema 1	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	4%	/ 10	CE TEL04 CE TEL08 CE B4
9	Test de los Temas 1 y 2	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	6%	/ 10	CE B4 CE TEL04 CE TEL08
13	Test de los Temas 1-3	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	10%	/ 10	CE B4 CE TEL04 CE TEL08
13	Examen Final de Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	20%	/ 10	CG 02 CG 03 CG 04 CE B4 CE TEL04 CE TEL08
17	Examen Final de Evaluación Continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	/ 10	CG 02 CG 03 CG 04 CE B4 CE TEL04 CE TEL08

7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen para Alumnos que soliciten Evaluación sólo mediante Prueba Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	05:00	100%	/ 10	CG 02 CG 03 CG 04 CE B4 CE TEL04 CE TEL08

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen Final en convocatoria extraordinaria	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	05:00	100%	/ 10	CG 02 CG 03 CG 04 CE B4 CE TEL04 CE TEL08

7.2. Criterios de evaluación

La **Evaluación Continua** consta de los siguientes apartados:

1. Tres Test de teoría (el primero, con peso del 4 %, el segundo, del 6 % y el tercero, del 10 %) en el aula, si es posible, u "on-line" a través de Moodle, si no es posible. Para poder presentarse a cada Test de teoría, se deberá obtener al menos una calificación de 7,0 sobre 12 en el Test de preparación asociado. Dicho Test de preparación, cuyas preguntas y datos asociados se generarán de forma aleatoria, se llevará a cabo a través de Moodle y será accesible en los días previos a la celebración del Test de teoría. Se podrán realizar tantos intentos del Test de preparación como se precise con el fin de obtener la nota mínima que permita presentarse al Test de teoría correspondiente.
2. Un Examen de Laboratorio (con peso del 20 %) en el aula de prácticas, si es posible, u "on-line" a través de Moodle, si no es posible.
3. Evaluación de la actividad del alumno en el laboratorio (con peso del 10%), a evaluar por su profesor de grupo.
4. Un Examen Final de problemas (con peso del 50 %), que se realizará presencialmente, si es posible, u "on-line" a través de Moodle, si no es posible.

En cuanto a la **Evaluación sólo por Prueba Final**, esta constará única y exclusivamente del examen final. Dicho examen se realizará presencialmente, si es posible, u "on-line" a través de Moodle, si no es posible, y estará compuesto por tres apartados:

1. Test de teoría (con peso del 20 %).
2. Examen de laboratorio en el aula de prácticas (con peso del 30 %).

3. Examen de problemas (con peso del 50 %).

Por último, el examen correspondiente a la **Evaluación Extraordinaria** tendrá exactamente la misma estructura y pesos que el examen correspondiente a la Evaluación sólo por Prueba Final. Dicho examen se realizará presencialmente, si es posible, u "on-line" a través de Moodle, si no es posible.

Respecto a todas las evaluaciones, es importante hacer las siguientes aclaraciones:

1. No existe nota mínima para superar la asignatura en ninguno de los apartados de ninguna de las modalidades de evaluación.
2. Los alumnos que decidan llevar a cabo la evaluación sólo por prueba final deberán notificarlo en el plazo y forma fijados al principio del curso.
3. Habiendo superado el laboratorio con una nota mínima de 5,0 puntos sobre 10, se considerará liberado para todas las convocatorias futuras. La teoría no se libera en ningún caso.

Más información en el apartado **Otra información** de esta guía.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Libro de Señales y Sistemas	Bibliografía	Alan V. Oppenheim and Alan S. Willsky , " Señales y Sistemas", Prentice- Hall Hispanoamericana , 2000.
Libro de Procesado de Señal	Bibliografía	Oppenheim, Schaffer, Buck. "Tratamiento de Señales en Tiempo Discreto", Prentice Hall, 2000.
Libro Alternativo de Procesado de Señal	Bibliografía	J.G. Proakis, D.G. Manolakis, "Tratamiento digital de señales. Principios, algoritmos y aplicaciones", Prentice Hall, 1997.

Material disponible en Moodle	Recursos web	Documentación, tutoriales de Matlab, exámenes resueltos de cursos pasados, etc.
-------------------------------	--------------	---

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

Formato de impartición de clases

Respecto al cronograma, nótese que se han duplicado todas las clases teóricas para contemplar la posibilidad de impartirlas de manera presencial en el aula, telemáticamente usando alguna de las plataformas disponibles o en formato híbrido, en función de las recomendaciones sanitarias. Si es posible, siempre se priorizará la impartición de las clases de manera presencial en el aula. Si no lo fuera, se valorará realizar la impartición de las clases telemáticamente o en formato híbrido en el horario asignado. Si solo se pudieran impartir algunas sesiones presenciales en el aula, se priorizarán las clases de problemas.

Evaluación

La asignatura ha sido organizada para llevar a cabo una evaluación continua del progreso del alumno a través de diferentes actividades que le permitan alcanzar los resultados de aprendizaje previstos. La evaluación será continua y acumulativa, de forma que, según progrese la asignatura, se evaluarán conocimientos adquiridos desde el primer día y hasta el momento en el que la evaluación se lleve a cabo.

Los alumnos que decidan no seguir la evaluación continua y evaluarse solo mediante examen final deberán solicitarlo a través del formulario disponible en Moodle en algún momento desde el comienzo del curso y hasta la fecha y hora que se indique en dicha plataforma. Nótese que los alumnos que soliciten evaluación solo mediante examen final **NO** deben realizar el examen del laboratorio correspondiente a la evaluación continua, sino que realizarán un examen específico en el laboratorio el día del examen final. Este examen podrá incluir ejercicios de las cinco prácticas realizadas durante el curso.

Los test de teoría, el examen de laboratorio y el examen de problemas, tanto mediante evaluación continua como final, se realizarán de manera presencial, siempre que la situación sanitaria lo permita. En caso contrario, se

realizarán de manera no presencial a través de Moodle.

Criterios de calificación

Criterios generales

1. El alumno que se someta a la evaluación continua deberá obtener una calificación mínima global de 5 puntos sobre 10 para poder superar la asignatura.
2. El alumno que se someta únicamente a evaluación final, tendrá un examen específico que evalúe los mismos resultados de aprendizaje que el resto de los alumnos. Igualmente, deberá obtener una calificación mínima global de 5 puntos sobre 10 para poder superar la asignatura.
3. En la evaluación del examen final se tendrán en cuenta criterios como la ordenación lógica de los contenidos, la claridad en las respuestas, la corrección del lenguaje (incluidos aspectos de ortografía y redacción), la corrección de los razonamientos, la indicación de las unidades de medidas en las cantidades que correspondan a magnitudes físicas y el adecuado uso de los signos matemáticos.
4. En el apartado **Competencias y Resultados de Aprendizaje** se detallan los resultados de aprendizaje imprescindibles para superar la asignatura.

Superación y liberación del laboratorio

1. Se considerará que se han alcanzado los conocimientos mínimos y, por tanto, superado el laboratorio, cuando se haya obtenido al menos el 50% de la calificación máxima posible en este apartado.
2. Habiendo superado el laboratorio, se considerará liberado para las siguientes convocatorias, guardándose la nota obtenida.

Alumnos que tengan liberado el laboratorio

1. Para la evaluación de los contenidos teóricos deberán realizar las mismas actividades que el resto de los alumnos, a menos que se indique expresamente lo contrario (véase el apartado de evaluación)
2. Los pesos aplicables serán los mismos que al resto de los alumnos según hayan decidido seguir la evaluación continua o solicitado la evaluación sólo mediante examen final.
3. Un alumno que tenga liberado el laboratorio puede volver a realizar las actividades correspondientes al mismo (prácticas y examen) con el fin de subir nota. La nota final obtenida será la mayor entre la que obtuvo en el momento de liberarlo y la del presente curso.

Evaluación en el aula

1. La asistencia a clase **NO** es obligatoria.
2. La evaluación en el aula se llevará a cabo mediante test. El formato exacto de los test se comunicará a los alumnos con la debida antelación usando el foro de la asignatura.
3. Cada test podrá incluir preguntas de todos los temas vistos anteriormente.
4. En los tests **NO** se permitirá el uso de teléfonos móviles, pero **SÍ** el de calculadoras.
5. Las fechas exactas de realización de los test serán comunicadas por los profesores de cada grupo.
6. Para poder realizar cada test, será necesario obtener la nota mínima en el test de preparación correspondiente.

Evaluación en el laboratorio

1. La asistencia a las prácticas del laboratorio **NO** es obligatoria, pero los alumnos que no asistan perderán total o parcialmente la parte de evaluación en laboratorio (10 % de la nota final) a discreción del profesor de su grupo.
2. Para los alumnos que sigan la evaluación continua, el laboratorio se evaluará en el aula de prácticas mediante el examen marcado en esta guía
3. En los exámenes del laboratorio **NO** se permitirá el uso de teléfonos móviles, pero **SÍ** el de calculadoras.
4. Para los alumnos que soliciten evaluación sólo mediante examen final, la evaluación se realizará mediante un examen en el laboratorio que se celebrará el mismo día del examen de problemas y test finales. Este mismo formato se seguirá también en la evaluación extraordinaria.

Publicación de soluciones

Únicamente se publicará en Moodle la solución del examen común a todos los grupos, esto es, del examen final. En el caso de los exámenes realizados en cada grupo (tanto de teoría como de laboratorio), cada profesor de grupo será responsable de mostrar la solución asociada a los alumnos de su grupo, así como de organizar la revisión correspondiente en su caso. No se publicará la solución de los test de teoría ni de preparación de los mismos.