



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de
Telecomunicacion

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

95000028 - Tratamiento Digital De Señales

PLAN DE ESTUDIOS

09TT - Grado En Ingenieria De Tecnologias Y Servicios De Telecomunicacion

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	3
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	15

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	95000028 - Tratamiento Digital de Señales
No de créditos	6 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Tercero curso
Semestre	Quinto semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Inglés/Castellano
Titulación	09TT - Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicacion
Centro responsable de la titulación	09 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
Curso académico	2023-24

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Jose Parera Bermudez	B-405	jose.parera@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico.
Miguel Angel Garcia Izquierdo	B-408	miguelangel.garcia.izquierdo@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico.

Jesus Gustavo Cuevas Del Rio	B-409	gustavo.cuevas@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico.
Jesus Grajal De La Fuente (Coordinador/a)		jesus.grajal@upm.es	- -
Juan Ignacio Godino Llorente	C-312	ignacio.godino@upm.es	Sin horario. Concertar por correo electrónico
Jesus Gutierrez Sanchez	C-307	jesus.gutierrez@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico

* 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

- Algebra
- Calculo
- Analisis Vectorial
- Señales Y Sistemas
- Señales Aleatorias

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicacion no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CE-SI1 - Capacidad de construir, explotar y gestionar servicios y aplicaciones de telecomunicaciones, entendidas éstas como sistemas de captación, tratamiento analógico y digital, codificación, transporte, representación, procesado, almacenamiento, reproducción, gestión y presentación de servicios audiovisuales e información multimedia.

CG1 - Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio

CG11 - Liderazgo de equipos

CG2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio

CG5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

CG6 - Uso de la lengua inglesa

CG7 - Trabajo en equipo

CG9 - Uso de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones

4.2. Resultados del aprendizaje

RA636 - Conocer la DFT y sus aplicaciones, así como un algoritmo de cálculo rápido.

RA524 - Conocer los fundamentos y aplicaciones del análisis de transformadas.

RA526 - Saber analizar, diseñar e implementar filtros digitales. Conocer las estructuras básicas para los filtros IIR y FIR y representarlas mediante Flujogramas. Conocer los efectos de la cuantificación de los coeficientes de un filtro.

RA530 - Conocer las técnicas básicas de análisis espectral. Análisis de Fourier de señales aleatorias estacionarias: el periodograma. Análisis de Fourier de señales aleatorias mediante la estimación de la secuencia de la secuencia de autocorrelación.

RA527 - Conocer los dispositivos de procesado digital de señales: FPGAs y DSP, así como los fabricantes de referencia.

RA525 - Conocer los teoremas y conceptos relacionados con el muestreo de señales continuas y los cambios de velocidad de muestreo utilizando técnicas digitales.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

La forma más contundente de explicar la importancia del procesado digital de señales es medir su impacto en nuestra vida cotidiana. ¿A qué tendríamos que renunciar si no existiera el procesado digital de señales? Ciñéndonos a las tecnologías de la información y comunicaciones la lista es exhaustiva: telefonía móvil, acceso a las redes de comunicaciones mediante módems o WIFI, transmisión/recepción de contenidos multimedia (audio, video, imágenes fijas), voz sobre Internet. Y en el terreno de los dispositivos, teléfonos móviles, reproductores MP3, cámaras digitales, tabletas. Pero el alcance del tratamiento numérico de señales va mucho más allá y abarca a cualquier proceso cuantitativo que se pueda medir.

Para el currículo de un Ingeniero de Telecomunicaciones el procesado digital de señales debe ser una piedra angular que le permita entender y actuar en el actual universo tecnológico que nos rodea. El objetivo de esta asignatura es instruir al futuro ingeniero en los conceptos básicos del tratamiento numérico de señales:

- El muestreo de señales continuas como puerta de acceso al mundo discreto.
- El estudio e implementación de los sistemas discretos racionales, comúnmente llamados filtros digitales.

- Análisis y diseño en los dominios transformados, con especial hincapié en el análisis espectral.
- Exposición de los avances tecnológicos más recientes en procesadores de señal y en convertidores A/D y D/A.

Los materiales de la asignatura se impartirán en una vertiente teórica (80%), acompañada de una vertiente práctica (20%) basada en simulaciones MATLAB de los conceptos más fundamentales. La evaluación será continua a lo largo del curso.

5.2. Temario de la asignatura

1. Señales y sistemas discretos/Discrete-time signals and systems
 - 1.1. Señales y sistemas/Signals and Systems
 - 1.2. Transformadas/Transforms
 - 1.3. Señales aleatorias/Random signals
2. Muestreo de señales continuas/Sampling of continuous-time signals
 - 2.1. Muestreo periódico de señales/Periodic sampling
 - 2.2. Procesado en tiempo discreto de señales en tiempo continuo/Discrete-time processing of continuous-time signals
 - 2.3. Cambios de la frecuencia de muestreo/Changing the sample rate
 - 2.4. Muestreo periódico de señales paso-banda/Periodic sampling of band-pass signals
 - 2.5. Limitaciones prácticas en el muestreo de señales/Practical limitations
 - 2.6. Conversión A/D con sobremuestreo /Oversampling in A/D conversion
3. Filtros digitales/Digital filters
 - 3.1. Análisis de sistemas LTI con función de transferencia racional/Analysis of LTI systems with rational transfer function
 - 3.2. Sistemas paso-todo, de fase mínima y de fase lineal/All-pass, minimum phase and linear phase systems
 - 3.3. Diseño de filtros digitales IIR y FIR/IIR and FIR filters design
4. La transformada discreta de Fourier (DFT)/The discrete Fourier transform (DFT)
 - 4.1. Introducción/Introduction
 - 4.2. Relación entre la DFT y la transformada de Fourier de secuencias (DTFT)/DFT and DTFT relations
 - 4.3. Propiedades de la DFT/Properties of the DFT
 - 4.4. Aplicaciones de la DFT/DFT applications

5. Analisis espectral de señales/Fourier signal analysis

- 5.1. Análisis de Fourier de señales mediante la DFT/Fourier analysis of signals using the DFT
- 5.2. Análisis de señales sinusoidales mediante la DFT/DFT analysis of sinusoidal signals
- 5.3. Análisis de Fourier de señales no estacionarias: Espectrograma/Fourier analysis of non-stationary signals: Spectrogram
- 5.4. Análisis de Fourier de señales aleatorias estacionarias/Analysis of stationary random signals

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Tema 1 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	Tema 1 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 1 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Práctica 1 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Práctica 1. Control de Laboratorio EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:00
3	Tema 2 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 2 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
4	Tema 2 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 2 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
5	Tema 2 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 2 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Práctica 2 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Práctica 2. Control de Laboratorio EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:00
6	Tema 3 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 3 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
7	Tema 3 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 3 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			

8				Examen primer parcial EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:30
9	Tema 3 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 3 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
10	Tema 4 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 4 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Práctica 3 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Práctica 3. Control de Laboratorio EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:00
11	Tema 4 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 4 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
12	Tema 4 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 5 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Práctica 4 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Práctica 4. Control de Laboratorio EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:00
13	Tema 5 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 5 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
14	Tema 5 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Temas 5 Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Práctica 5 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Práctica 5. Control de Laboratorio EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:00
15		Práctica 6 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio Práctica 7 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Práctica 6. Control de Laboratorio EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:00 Práctica 7. Control de Laboratorio EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 00:00

16				
17				<p>Examen segundo parcial EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:30</p> <p>Evaluación global EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:00</p>

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
2	Práctica 1. Control de Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:00	3.2%	4 / 10	CG7 CG9 CG5 CG2 CG1 CG6 CG11 CE-SI1
5	Práctica 2. Control de Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:00	3.2%	4 / 10	CG7 CG9 CG5 CG2 CG1 CG6 CG11 CE-SI1
8	Examen primer parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	40%	4 / 10	CG9 CG5 CG2 CG1 CE-SI1
10	Práctica 3. Control de Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:00	3.2%	4 / 10	CG7 CG9 CG5 CG2 CG1 CG6 CG11 CE-SI1
12	Práctica 4. Control de Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:00	3.2%	4 / 10	CG9 CG5 CG2 CG1 CG6 CG7 CG11 CE-SI1

14	Práctica 5. Control de Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:00	3.2%	4 / 10	CG7 CG9 CG5 CG2 CG1 CG6 CG11 CE-SI1
15	Práctica 6. Control de Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:00	2%	4 / 10	CG7 CG9 CG5 CG2 CG1 CG6 CG11 CE-SI1
15	Práctica 7. Control de Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:00	2%	4 / 10	CG7 CG9 CG5 CG2 CG1 CG6 CG11 CE-SI1
17	Examen segundo parcial	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:30	40%	4 / 10	CG9 CG5 CG2 CG1 CE-SI1

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Práctica 1. Control de Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:00	3.2%	4 / 10	CG7 CG9 CG5 CG2 CG1 CG6 CG11 CE-SI1
5	Práctica 2. Control de Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:00	3.2%	4 / 10	CG7 CG9 CG5 CG2 CG1 CG6 CG11 CE-SI1

10	Práctica 3. Control de Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:00	3.2%	4 / 10	CG7 CG9 CG5 CG2 CG1 CG6 CG11 CE-SI1
12	Práctica 4. Control de Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:00	3.2%	4 / 10	CG9 CG5 CG2 CG1 CG6 CG7 CG11 CE-SI1
14	Práctica 5. Control de Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:00	3.2%	4 / 10	CG7 CG9 CG5 CG2 CG1 CG6 CG11 CE-SI1
15	Práctica 6. Control de Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:00	2%	4 / 10	CG7 CG9 CG5 CG2 CG1 CG6 CG11 CE-SI1
15	Práctica 7. Control de Laboratorio	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:00	2%	4 / 10	CG7 CG9 CG5 CG2 CG1 CG6 CG11 CE-SI1
17	Evaluación global	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	80%	4 / 10	CG9 CG5 CG2 CG1 CE-SI1

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen teoría	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	80%	4 / 10	CG9 CG5 CG2 CG1 CG6 CE-S11
Examen Prácticas	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	20%	4 / 10	CG7 CG9 CG5 CG2 CG1 CG6 CG11 CE-S11

7.2. Criterios de evaluación

Convocatoria ordinaria. Evaluación progresiva

La evaluación de los alumnos en la modalidad de evaluación progresiva estará formada por las siguientes pruebas:

1- Primer examen parcial: Se realizará un examen escrito que se puntuará sobre 10. La nota mínima de este parcial debe ser mayor de 4 para poder hacer media con el resto de las notas. Aquellos alumnos que no hayan alcanzado la nota mínima en este parcial deben recuperarlo en un examen que será realizado a continuación del 2º parcial. La nota de este examen es un 40% de la nota final.

2- Segundo examen parcial: Examen escrito que se puntuará sobre 10. La nota mínima en este parcial debe ser mayor de 4 para poder hacer media con el resto de las notas. La nota de este examen es un 40% de la nota final.

3- Evaluación de las prácticas: El 20% de la nota corresponderá a la evaluación del laboratorio, que se realizará mediante un control de conocimientos en cada una de las 7 prácticas. La nota de laboratorio se obtiene como la media de los controles de las prácticas. Se puntuará sobre 10 y debe ser superior a un 4.0 para poder hacer media con la nota de teoría. Los alumnos que obtengan una nota igual o superior a un 5.0, podrán conservar esta nota para cursos posteriores. La asistencia al laboratorio es obligatoria tanto para la evaluación progresiva como en la evaluación global.

Si el alumno suspendiese la evaluación de las prácticas, pero la media de los dos parciales de teoría fuese superior a 5, en la convocatoria extraordinaria solamente tendría que realizar el examen de prácticas.

Para aprobar la asignatura se debe obtener una nota final mayor o igual que 5 sobre 10.

En la calificación final de la convocatoria ordinaria (progresiva o global), habrá hasta un 10% extra que cada profesor asignará en función de la participación en clase, resolución de problemas, actividades Moodle, etc. Sólo cuando la NOTA FINAL es mayor o igual a 4 se sumará esta calificación extra.

Convocatoria ordinaria. Evaluación global

La evaluación de los alumnos que decidan la evaluación global de la asignatura estará formada por las siguientes pruebas:

1-Examen teórico. Se realizará un examen escrito cuyo peso en la nota final es del 80%. El examen constará de dos partes que corresponden a las materias cubiertas en el primer y segundo parcial de la evaluación progresiva. Cada parte se puntuará sobre 10 y será necesario que la nota de cada una sea superior a un 4 para poder aprobar. La nota de teoría será la media de las dos partes.

2- Evaluación de las prácticas: El 20% de la nota corresponderá a la evaluación del laboratorio, que se realizará mediante un control de conocimientos en cada una de las 7 prácticas. La nota de laboratorio se obtiene como la media de los controles de las prácticas. Se puntuará sobre 10 y debe ser superior a un 4.0 para poder hacer media con la nota de teoría. Los alumnos que obtengan una nota igual o superior a un 5, podrán conservar esta nota para cursos posteriores. La asistencia al laboratorio es obligatoria tanto para la evaluación progresiva como en la evaluación global.

Para aprobar la asignatura se debe obtener una nota final mayor o igual que 5 sobre 10.

Convocatoria Extraordinaria

La evaluación por convocatoria extraordinaria constará de dos pruebas:

1- Examen escrito que cubre toda la materia de la asignatura. El peso de la nota de este examen en la nota final es del 80%. A esta parte deberán presentarse aquellos alumnos cuya nota de teoría en la convocatoria ordinaria (media de los dos parciales) sea menor que 5. La nota mínima de este examen debe ser mayor de 4 para poder hacer media con la nota de las prácticas.

2- Evaluación de las prácticas: el 20% de la nota corresponderá a un examen especial de prácticas. A esta parte deberán presentarse aquellos alumnos cuya nota de prácticas en la convocatoria ordinaria sea menor que 5. La nota mínima de este parcial debe ser mayor de 4 para poder hacer media con la nota del examen teórico. Si la calificación de esta evaluación es superior o igual a 5, se podrá conservar para convocatorias posteriores.

Para aprobar la asignatura se debe obtener una nota final mayor o igual que 5 sobre 10.

Por tanto, la evaluación en la convocatoria extraordinaria usará los mismos tipos de técnicas evaluativas que se usan en la evaluación de la convocatoria ordinaria (EX, EP, TG, etc.).

Documentación permitida en los exámenes teóricos

Sólo se podrá llevar un libro de Tratamiento Digital de Señales.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
A. V. Oppenheim, R.W. Schaffer: Discrete-Time Signal Processing. Prentice-Hall, 3rd Ed, 2010.	Bibliografía	Libro de texto
G. Proakis, D. G. Manolakis, Digital Signal Processing. Prentice Hall, 4th Ed, 2007.	Bibliografía	
Sanjit K. Mitra, Digital Signal Processing. A Computer-Based Approach. Mc Graw-Hill, 4th Ed, 2011.	Bibliografía	
McClellan, Burrus, Oppenheim, Parks, Schaffer and Schuessler, Computer-Based Exercises for SIGNAL PROCESSING Using MATLAB 5. Prentice Hall, 1998.	Bibliografía	
Laboratorio de Señales y Comunicaciones A.202-L	Equipamiento	