



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

**95000509 - Señales Y Sistemas**

### PLAN DE ESTUDIOS

09ID - Grado En Ingenieria Y Sistemas De Datos

### 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.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	11
8. Recursos didácticos.....	14
9. Otra información.....	15

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	95000509 - Señales y Sistemas
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Básica
<b>Curso</b>	Primer curso
<b>Semestre</b>	Segundo semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	09ID - Grado en Ingeniería y Sistemas de Datos
<b>Centro responsable de la titulación</b>	09 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2021-22

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías *</b>
Juan Alberto Besada Portas (Coordinador/a)	C-321	juanalberto.besada@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico
Ana Maria Bernardos Barbolla	C-315.1	anamaria.bernardos@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

- Álgebra
- Cálculo

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

- Se recomienda encarecidamente haber cursado las asignaturas de matemáticas del primer cuatrimestre de primero, Álgebra y Cálculo, y especialmente esta última.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CB05 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

CE01 - Que los estudiantes sean capaces de aplicar los conceptos y las herramientas fundamentales de la matemática a la formalización y resolución de los problemas en el ámbito de la titulación.

CG09 - Desarrollar la capacidad de aprendizaje a lo largo de la vida (lifelong learning) para adaptarse a un sector tecnológico en continua evolución.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA011 - Entender y saber manejar los modelos de sistemas lineales y las herramientas básicas de tratamiento de señales.

RA010 - Comprender las diferentes transformadas aplicables a señales, para su caracterización como funciones del tiempo.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura introduce los conceptos básicos de análisis y procesado de señal, así como algunas aplicaciones prácticas de los mismos de especial relevancia para los ingenieros de datos. Para ello se estudiarán las señales como herramienta de modelado de la evolución temporal de las magnitudes físicas y se estudiará el concepto de sistema como elemento que permite la transformación o procesado de señales. Se definirán propiedades de las señales (p.ej. periodicidad, energía, potencia, etc.) y de los sistemas (linealidad, invarianza, estabilidad o invertibilidad). Se estudiarán en detalle tanto señales en tiempo continuo como en tiempo discreto (secuencias), y herramientas matemáticas para su análisis tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia (transformadas de Fourier). Por su especial relevancia en los procesos de ingesta de datos, también se estudiarán en detalle los procesados de señal basados en transformaciones lineales e invariantes, y se modelará su comportamiento tanto en el dominio del tiempo (convolución, respuesta al impulso) como en el dominio de la frecuencia (filtrado, respuesta en frecuencia). También se estudiarán las propiedades de las transformadas de Fourier, enfocándonos especialmente en sus consecuencias para ciertos tipos de procesados de señal habituales al analizar señales. A estos efectos, se enfatizarán las similitudes y diferencias entre las transformadas de Fourier de señales en tiempo continuo y de secuencias.

Tras establecer las bases teóricas anteriores se introducirán los conceptos de análisis y procesado digital de señales. Para ello se estudiará en el tiempo y en la frecuencia el muestreo de señales de banda limitada (conversión de señales de tiempo continuo a sus equivalentes en tiempo discreto), que habilita el análisis y procesado digital de señales físicas en tiempo continuo en computadores. A continuación, se estudiará la DFT como herramienta de análisis en frecuencia de señales discretas y continuas. Finalmente se introducirá el procesado digital de señal, para lo que se introducirá la transformada Z, y se relacionará con los sistemas definidos mediante ecuaciones en diferencias. Otros temas que se ilustrarán en estas introducciones al análisis y procesado de señal serán la simulación discreta de sistemas continuos, la interpolación y diezmado, los filtros FIR e IIR y el filtrado rápido.

Los conceptos teóricos se ilustrarán con problemas y prácticas en computador, que se realizarán utilizando

Python. A estos efectos, cabe destacar que, si bien el cronograma propuesto separa específicamente las horas para problemas y laboratorio, éste se realizará mayoritariamente en el aula, y las sesiones de problemas y laboratorio al final de cada tema estarán alineadas y coordinadas. Adicionalmente, las horas de presenciales del cronograma están asociadas tanto a la impartición de la teoría como a la realización de problemas ilustrativos que la complementen. Nótese que el alumno necesitará disponer de un ordenador personal en aula para la realización de las prácticas.

## 5.2. Temario de la asignatura

### 1. Presentación

1.1. Presentación de motivación, objetivos, programa, metodología, métodos de evaluación y bibliografía básica

1.2. Repaso a conceptos básicos de cálculo (funciones complejas, series, integrales propias e impropias, ...).

### 2. Análisis en el dominio temporal de señales y sistemas de tiempo continuo

2.1. Definición de señal continua, operaciones y parámetros (energía, potencia, periodo).

2.2. Señales básicas: sinusoidal, exponencial, impulso unitario, escalón.

2.3. Conceptos generales sobre sistemas en tiempo continuo: Definición, asociación de sistemas (serie y paralelo) y propiedades de los sistemas (invertibilidad, estabilidad, linealidad e invariancia temporal).

2.4. Caracterización de sistemas SLI en tiempo continuo mediante la respuesta al impulso: Integral de convolución y propiedades del operador de convolución.

2.5. Problemas resumen tema 2.

### 3. Análisis en el dominio de la frecuencia de señales y sistemas de tiempo continuo.

3.1. La senoide compleja y los sistemas SLI. Concepto de autofunción y de respuesta en frecuencia.

3.2. Definición de las Series de Fourier (SF) de señales periódicas.

3.3. Definición de la Transformada de Fourier (TF) y condiciones de existencia. TF generalizada de señales periódicas y relación con SF.

3.4. Propiedades de la TF.

3.5. Aplicaciones de la transformada de Fourier al análisis de señales y sistemas: Filtrado Ideal; Enventanado (Resolución temporal y frecuencial).

3.6. Problemas resumen tema 3.

#### 4. Análisis en el dominio temporal de secuencias y sistemas de tiempo discreto.

4.1. Definición de secuencia, operaciones y parámetros (energía, potencia, periodo). Secuencias básicas: sinusoidal, exponencial, impulso unitario, escalón.

4.2. Conceptos generales sobre sistemas en tiempo discreto: Definición, Asociación de sistemas (serie y paralelo) y propiedades de los sistemas (invertibilidad, estabilidad, linealidad e invariancia temporal).

4.3. Caracterización de sistemas SLI en tiempo continuo mediante la respuesta al impulso: Suma de convolución y propiedades del operador de convolución.

4.4. Problemas resumen tema 5.

4.5. Implementación práctica en Python.

#### 5. Análisis en el dominio de la frecuencia de secuencias y sistemas de tiempo discreto.

5.1. La senoide compleja discreta y los sistemas SLI. Concepto de autofunción y de respuesta en frecuencia.

5.2. Definición de las Series de Fourier (SF) de secuencias periódicas.

5.3. Definición de la Transformada de Fourier (TF) de secuencias y condiciones de existencia. TF generalizada de secuencias periódicas y relación con SF.

5.4. Aplicaciones de la transformada de Fourier al análisis de señales y sistemas: Filtrado Ideal; Enventanado (Resolución temporal y frecuencial)

5.5. Problemas resumen tema 5.

#### 6. Muestreo e Introducción al Análisis Digital de Señal

6.1. Muestreo ideal en el dominio temporal. Definición de muestreo ideal. Solapamiento espectral y Condición de Nyquist. Reconstrucción ideal de banda limitada. Interpolación temporal.

6.2. Interpolación y diezmado. Definición. Efectos en la TF de secuencias.

6.3. Discrete Fourier Transform (DFT): Definición; Relación con las Series de Fourier de secuencias; Interpretación física (muestreo en frecuencia).

6.4. Problemas resumen tema 6.

6.5. Implementación práctica en Python.

#### 7. Introducción al Procesado Digital de Señal.

7.1. Simulación en tiempo discreto de sistemas en tiempo continuo.

7.2. Sistemas descritos por ecuaciones en diferencias. Filtros reales (FIR y IIR).

7.3. Introducción a la transformada Z (y definición de Transformada de Laplace).

7.4. Análisis de sistemas descritos por ecuaciones en diferencias utilizando la Transformada Z (diagramas

polo-cero, invertibilidad y estabilidad). Sistema Inverso.

7.5. Filtrado rápido usando DFT (FFT). Método overlapp-add; Método overlap-save.

7.6. Problemas resumen tema 7.

7.7. Implementación práctica en Python.



## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Tema 1: Presentación</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2.1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>Tema 2.2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2.3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2.3</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
3	<p><b>Tema 2.4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 2.5</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 3.1</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
4	<p><b>Tema 3.2</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3.3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3.4</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
5	<p><b>Tema 3.4</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 3.5</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 3.5</b> Duración: 01:00</p>			<p><b>Prueba seguimiento temas 1, 2 y 3</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:15</p>

	<p>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 3.6</b> Duración: 00:45 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
6	<p><b>Tema 4.1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4.2</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 4.3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
7	<p><b>Tema 4.3</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 4.4</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 4.5: Práctica Tema 4</b> Duración: 01:45 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p><b>Prueba de seguimiento Práctica Tema 4</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:15</p>
8	<p><b>Tema 5.1</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 5.2</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 5.3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 5.4</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
9	<p><b>Tema 5.5</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 5.5</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 5.6</b> Duración: 00:45 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 6.1</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Prueba seguimiento temas 4 y 5</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:15</p>

10	<p><b>Tema 6.1</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 6.2</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 6.3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
11	<p><b>Tema 6.4</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 6.5: Práctica Tema 6</b> Duración: 02:45 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p><b>Prueba de seguimiento Práctica Tema 6</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:15</p>
12	<p><b>Tema 7.1</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 7.1</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 7.2</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 7.3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
13	<p><b>Tema 7.3</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 7.4</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 7.4</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 7.5</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
14	<p><b>Tema 7.6</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Tema 6.5: Práctica Tema 7</b> Duración: 02:45 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p><b>Prueba de seguimiento Práctica Tema 7</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Presencial Duración: 00:15</p>

15				
16				
17				<p><b>Prueba seguimiento temas 6 y 7</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:15</p> <p><b>Examen final de problemas</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 02:00</p> <p><b>Examen final de teoría</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 00:30</p> <p><b>Examen de prácticas</b> EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 01:00</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 continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
5	Prueba seguimiento temas 1, 2 y 3	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:15	10%	0 / 10	CG09 CB05
7	Prueba de seguimiento Práctica Tema 4	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:15	5%	0 / 10	CG09 CB05
9	Prueba seguimiento temas 4 y 5	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:15	10%	0 / 10	CG09 CB05
11	Prueba de seguimiento Práctica Tema 6	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:15	5%	0 / 10	CG09 CB05
14	Prueba de seguimiento Práctica Tema 7	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:15	10%	0 / 10	CG09 CB05
17	Prueba seguimiento temas 6 y 7	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:15	10%	0 / 10	CG09 CB05
17	Examen final de problemas	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	4 / 10	CE01

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
-----	-------------	-----------	------	----------	-----------------	-------------	------------------------

17	Examen final de problemas	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	4 / 10	CE01
17	Examen final de teoría	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	30%	0 / 10	CG09 CB05
17	Examen de prácticas	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	20%	0 / 10	CG09 CB05

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final de problemas	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	4 / 10	CE01
Examen final de teoría	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:30	30%	0 / 10	CG09 CB05
Examen de prácticas	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	01:00	20%	0 / 10	CG09 CB05

## 7.2. Criterios de evaluación

La evaluación continua se realizará mediante una combinación de:

1) Evaluación teórica, en formato corto (tipo test o similar), en tres pruebas centradas en comprobar la comprensión de los conceptos básicos, que supone el 30% de la nota final:

a. Temas 1, 2 y 3, al final de este último tema: 10%.

b. Temas 4 y 5, al final de este último tema: 10%.

c. Temas 6 y 7, en la misma fecha del examen final de problemas que se comenta a continuación: 10%.

2) Examen final de problemas, eliminatorio, que supondrá el 50% de la nota final. Será necesario que el alumno

alcance una nota mínima de 4 puntos sobre 10 en este examen. Los problemas estarán orientados a comprobar la comprensión de los conceptos teóricos y aplicados introducidos en la asignatura.

3) Evaluación de prácticas en Python, al final de los temas 4, 6 y 7, que supone el 20% de la nota final. Las evaluaciones se basarán en la entrega de parte del SW desarrollado y/o la realización de una prueba (tipo test o similar) sobre la práctica. Los pesos de cada evaluación de prácticas son los siguientes:

a. Práctica tema 4: 5%

b. Práctica tema 6: 5%

c. Práctica tema 7: 10%

Todas las evaluaciones, salvo el examen final, se realizarán en el aula, en la sesión final de cada tema. Se realizarán utilizando herramientas telemáticas, por lo que se precisará utilizar un ordenador conectado para ello.

En el caso de preferir evaluación solo basada en una prueba final, ésta se realizará mediante un único examen, distinto de los de la evaluación continua, que comprenderá, análogamente, tres partes:

1) un examen con preguntas/test de teoría, que supondrá el 30% de la nota final.

2) un examen de problemas, eliminatorio, que supondrá el 50% de la nota final.

3) un examen de prácticas, que supondrá el 20% de la nota final.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
"Signals and Systems" , Segunda Edición, de A.V. Oppenheim, A.S. Willsky y S.H. Nawab, editorial Prentice Hall, 1997. (Reediciones de Pearson en 2013, 2017)	Bibliografía	Libro de referencia para parte inicial de la asignatura
"Discrete-Time Signal Processing". Tercera Edición. Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schafer. Editorial Prentice-Hall Signal Processing Series. 2010.	Bibliografía	Libro de referencia para parte final de la asignatura
"Signals and Systems", Segunda Edition. S. Haykin, B. Van Veen. Editorial John Wiley & Sons, 2002.	Bibliografía	
"Linear Systems and Signals Second Edition". B. P. Lathi. Editorial Oxford University Press 2005.	Bibliografía	
"Signals and Systems". Rao, K. Deergha. Editorial Birkhäuser Basel. 2018.	Bibliografía	
"Understanding Digital Signal Processing". Tercera Edition. Richard G. Lyons. Editorial Prentice Hall, 2010.	Bibliografía	
"Python for Signal Processing". José Unpingco. Springer International Publishing. 2014	Bibliografía	
Página web de la asignatura <a href="http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales">http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales</a>	Recursos web	Se proporcionarán por este canal:  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transparencias guión del profesor.&lt;br /&gt;</li> <li>- Colección de problemas resueltos.&lt;br /&gt;</li> <li>- Otros materiales.</li> </ul>



<a href="https://jupyter.org">https://jupyter.org</a>	Recursos web	Se utilizarán cuadernos de Jupyter para las prácticas
---	--------------	---

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

En términos más generales, la matemática aplicada se emplea de forma exhaustiva en ingeniería y, en particular, incidirá en todo lo relativo a las infraestructuras de telecomunicaciones (ODS 9). La asignatura ayudará también a los subobjetivos 4.4: Aumentar considerablemente el número de personas con las competencias profesionales y técnicas necesarias para acceder al empleo y al emprendimiento; y 4.7: Asegurar que todos los estudiantes adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible.