

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

GUÍA DE APRENDIZAJE

TRATAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES

GRADO EN INGENIERIA DE TECNOLOGIAS Y SERVICIOS DE
TELECOMUNICACION

CURSO ACADÉMICO	CÓDIGO	CURSO	CRÉDITOS	CARÁCTER	SEMESTRE
2026-27	95000028	3	6 ECTS	OBLIGATORIA	PRIMER SEMESTRE

IDIOMA	CENTRO RESPONSABLE
ESPAÑOL, INGLÉS	E.T.S. DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACION

DEPARTAMENTO RESPONSABLE
SEÑALES, SISTEMAS Y RADIOCOMUNICACIONES

COORDINADOR/A
JOSÉ PARERA BERMÚDEZ - jose.parera@upm.es

REQUISITOS OBLIGATORIOS

ASIGNATURAS REQUERIDAS

CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS

ASIGNATURAS RECOMENDADAS

- ALGEBRA (95000001)
- CALCULO (95000002)
- ANALISIS VECTORIAL (95000007)
- SEÑALES Y SISTEMAS (95000015)
- SEÑALES ALEATORIAS (95000016)
- METODOS MATEMATICOS (95000019)

OTRAS RECOMENDACIONES

Se recomienda tener conocimientos básicos de programación en **MATLAB®**, ya que las prácticas de laboratorio se basan en esta herramienta.

RESULTADOS

RD-1393/2007

Resultados de aprendizaje

- 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.
- 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.
- RA525** Conocer los teoremas y conceptos relacionados con el muestreo de señales continuas y los cambios de velocidad de muestreo utilizando técnicas digitales.
- RA636** Conocer la DFT y sus aplicaciones, así como un algoritmo de cálculo rápido.
- RA524** Conocer los fundamentos y aplicaciones del análisis de transformadas.

Competencias

- 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
- 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.
- 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
- CG9** Uso de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones
- CG6** Uso de la lengua inglesa

CG7

Trabajo en equipo

DESCRIPCIÓN

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? Ciñéndonos a las tecnologías de la información y comunicaciones, la lista es inmensa: telefonía fija y móvil, acceso wifi a redes de comunicaciones, acceso a Internet por banda ancha, almacenamiento y reproducción de audio y vídeo digital, fotografía digital o los sistemas de posicionamiento global (GPS). Pero el alcance del tratamiento numérico de señales va mucho más allá y abarca a cualquier proceso cuantitativo que se pueda medir: señales biomédicas, econométricas o geofísicas, entre otras. Para el currículo de un Graduado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación 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 graduado en los conceptos básicos del tratamiento numérico de señales, estructurados en los siguientes ejes fundamentales:

- **Revisión de conceptos básicos** de señales y sistemas discretos.
- **Muestreo periódico de señales continuas** como puerta de acceso al mundo discreto.
- Análisis y diseño de los sistemas discretos racionales, conocidos como **filtros digitales**.
- Análisis y diseño en los dominios transformados, con especial énfasis en la **Transformada Discreta de Fourier (DFT) y el Análisis Espectral** de señales sinusoidales, aleatorias y no estacionarias.

Los materiales se imparten en una vertiente teórica (80%) y una vertiente práctica (20%) basada en ejercicios prácticos usando **MATLAB®**. El sistema de evaluación es preferentemente progresivo, aunque se garantiza que cualquier estudiante podrá optar a la **máxima calificación (10 puntos sobre 10)** tanto en la prueba global como en la extraordinaria.

TEMARIO

1. Revisión de conceptos básicos

- 1.1. Señales y sistemas discretos
- 1.2. Transformadas de Fourier (DTFT) y Z
- 1.3. Señales aleatorias

2. Muestreo periódico de señales continuas

- 2.1. Muestreo y reconstrucción de señales paso bajo



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



- 2.2. Muestreo en el procesado de señales
- 2.3. Muestreo de señales paso banda
- 2.4. Procesado multitasa
- 2.5. Limitaciones prácticas

3. Filtros digitales

- 3.1. Análisis de sistemas LTI con función de transferencia racional
- 3.2. Sistemas notables (paso todo, fase mínima, fase lineal)
- 3.3. Diseño de filtros digitales IIR
- 3.4. Diseño de filtros digitales FIR

4. La transformada discreta de Fourier (DFT)

- 4.1. Relación entre la DFT y la Transformada de Fourier (DTFT)
- 4.2. Definición y propiedades de la DFT
- 4.3. Filtrado con la DFT: convolución circular y filtrado FIR
- 4.4. Análisis de Fourier de señales sinusoidales
- 4.5. Análisis de Fourier de señales aleatorias estacionarias
- 4.6. Análisis de Fourier de señales no estacionarias

ACTIVIDADES

Actividad evaluable Actividad formativa

Presentación de la asignatura

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO
Presencial	01h 00m	Aula (en horario)	Normal

METODOLOGÍA

Lección Magistral



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Tema 1

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

DURACIÓN TOTAL

LUGAR

GRUPO

Presencial

05h 00m

Aula (en horario)

Normal

TEMAS

T1

METODOLOGÍA

Lección Magistral

Práctica 1

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

DURACIÓN TOTAL

LUGAR

EVALUACIÓN

PONDERACIÓN

NOTA MÍNIMA

Presencial

02h 00m

Laboratorio

Progresiva, Global, Extraordinaria

2%

4

TEMAS

T1

METODOLOGÍA

Trabajo en Grupo

Prueba Telemática

RESULTADOS EVALUADOS

RA524

CG1

CG2

CG7

CG9

Tema 2

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

DURACIÓN TOTAL

LUGAR

GRUPO

Presencial

11h 00m

Aula (en horario)

Normal

TEMAS

T2

METODOLOGÍA

Lección Magistral



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Práctica 2

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

DURACIÓN TOTAL

LUGAR

EVALUACIÓN

PONDERACIÓN

NOTA MÍNIMA

Presencial

02h 00m

Laboratorio

Progresiva, Global, Extraordinaria

2%

4

TEMAS

T2

METODOLOGÍA

Trabajo en Grupo

Prueba Telemática

RESULTADOS EVALUADOS

RA524

RA525

CG1

CG2

CG7

CG9

Tema 3

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

DURACIÓN TOTAL

LUGAR

GRUPO

Presencial

12h 00m

Aula (en horario)

Normal

TEMAS

T3

METODOLOGÍA

Lección Magistral

Práctica 3

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

DURACIÓN TOTAL

LUGAR

EVALUACIÓN

PONDERACIÓN

NOTA MÍNIMA

Presencial

02h 00m

Laboratorio

Progresiva, Global, Extraordinaria

2%

4

TEMAS

T3

METODOLOGÍA

Trabajo en Grupo

Prueba Telemática

RESULTADOS EVALUADOS

RA524

RA525

RA526

CG1

CG2

CG7

CG9



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Tema 4

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

Presencial

DURACIÓN TOTAL

14h 00m

LUGAR

Aula (en horario)

GRUPO

Normal

TEMAS

T4

METODOLOGÍA

Lección Magistral

Práctica 4

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

Presencial

DURACIÓN TOTAL

02h 00m

LUGAR

Aula (en horario)

EVALUACIÓN

Progresiva, Global, Extraordinaria

PONDERACIÓN

2%

NOTA MÍNIMA

4

TEMAS

T4

METODOLOGÍA

Trabajo en Grupo

Prueba Telemática

RESULTADOS EVALUADOS

RA524

RA525

RA526

CG1

CG2

CG7

CG9

Examen de laboratorio

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

Presencial

DURACIÓN TOTAL

00h 30m

LUGAR

Laboratorio

EVALUACIÓN

Progresiva

PONDERACIÓN

10%

NOTA MÍNIMA

4

METODOLOGÍA

Examen de Prácticas

RESULTADOS EVALUADOS

CG1

CG2

CG9

RA524

RA525

RA526

RA530



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Práctica 5

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

No presencial, sin docente

DURACIÓN TOTAL

02h 00m

EVALUACIÓN

Progresiva, Global, Extraordinaria

PONDERACIÓN

1%

NOTA MÍNIMA

4

TEMAS

T1

T2

T3

T4

METODOLOGÍA

Trabajo en Grupo

Prueba Telemática

RESULTADOS EVALUADOS

CG1

CG2

CG5

CG7

CG9

RA524

RA525

RA526

RA530

RA636

Práctica 6

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

No presencial, sin docente

DURACIÓN TOTAL

02h 00m

EVALUACIÓN

Progresiva, Global, Extraordinaria

PONDERACIÓN

1%

NOTA MÍNIMA

4

TEMAS

T1

T2

T3

T4

METODOLOGÍA

Trabajo en Grupo

Prueba Telemática

RESULTADOS EVALUADOS

CG1

CG2

CG7

CG9

RA524

RA525

RA526

RA530

RA636

Examen Parcial

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

Presencial

DURACIÓN TOTAL

02h 00m

LUGAR

Aula de examen

EVALUACIÓN

Progresiva

PONDERACIÓN

40%

NOTA MÍNIMA

4

TEMAS

T1

T2

METODOLOGÍA

Examen Escrito

RESULTADOS EVALUADOS

RA524

RA525

CG1

CG2

RA526

CG5

CE-SI1

CG6



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Examen Global 1ª parte

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

DURACIÓN TOTAL

LUGAR

EVALUACIÓN

PONDERACIÓN

NOTA MÍNIMA

Presencial

02h 00m

Aula de examen

Global

40%

4

TEMAS

T1

T2

T3

METODOLOGÍA

Examen Escrito

RESULTADOS EVALUADOS

RA524

RA525

CG1

CG2

RA526

RA530

RA636

CG5

CE-SI1

CG6

Examen Global 2ª parte

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

DURACIÓN TOTAL

LUGAR

EVALUACIÓN

PONDERACIÓN

NOTA MÍNIMA

Presencial

02h 00m

Aula de examen

Progresiva, Global

40%

4

TEMAS

T2

T3

T4

METODOLOGÍA

Examen Escrito

RESULTADOS EVALUADOS

RA524

RA525

RA526

RA530

RA636

CG1

CG2

CG5

CE-SI1

CG6

Examen de Laboratorio

SEMANAS

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

E

PRESENCIALIDAD

DURACIÓN TOTAL

LUGAR

EVALUACIÓN

PONDERACIÓN

NOTA MÍNIMA

Presencial

00h 30m

Laboratorio

Global, Extraordinaria

10%

4

METODOLOGÍA

Examen de Prácticas

RESULTADOS EVALUADOS

RA524

RA525

RA526

RA530

RA636

CG1

CG2

CG9

CG5

CE-SI1

CG6

CG7



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Examen Extraordinario

SEMANAS
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E

PRESENCIALIDAD
Presencial

DURACIÓN TOTAL
04h 00m

LUGAR
Aula de examen

EVALUACIÓN
Extraordinaria

PONDERACIÓN
80%

NOTA MÍNIMA
4

TEMAS
T1 T2 T3 T4

METODOLOGÍA
Examen Escrito

RESULTADOS EVALUADOS
RA524 RA525 RA526 RA530 RA636 CG1 CG2 CG5 CE-SI1 CG6

Participación en Clase y Otros Trabajos

SEMANAS
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E

PRESENCIALIDAD
Presencial

DURACIÓN TOTAL
04h 30m

LUGAR
Aula (en horario)

EVALUACIÓN
Progresiva

PONDERACIÓN
10%

NOTA MÍNIMA
0

TEMAS
T1 T2 T3 T4METODOLOGÍA
Prueba Telemática Trabajo en Grupo Trabajo Individual Examen Escrito Examen oralRESULTADOS EVALUADOS
RA524 RA525 RA526 RA530 RA636 CG1 CG2 CG5 CE-SI1 CG6

PLANIFICACIÓN SEMANAL

Actividad evaluable

Actividad formativa

Semana con actividad

Período de exámenes

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
Presentación de la asignatura	.															
Tema 1	.	.														
Práctica 1		.														
Tema 2			.	.												
Práctica 2					.											

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
 Tema 3						.		.	.							
 Práctica 3										.						
 Tema 4								.	.	.	.	.				
 Práctica 4												.				
 Examen de laboratorio												.				
 Práctica 5												.	.			
 Práctica 6												.	.			
 Examen Parcial							.									
 Examen Global 1ª parte																.
 Examen Global 2ª parte																.
 Examen de Laboratorio																.
 Examen Extraordinario																.
 Participación en Clase y Otros Trabajos	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.				

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Criterios Generales

Requisitos de Aprobado y Calificación Final

Para aprobar la asignatura es necesario obtener una **nota final igual o superior a 5,0 sobre 10**. Asimismo, es requisito indispensable que la **calificación del bloque de teoría** (media ponderada de los parciales o nota del examen global de teoría) sea **al menos de un 5,0 sobre 10**. Se mantiene el requisito de obtener una nota mínima de 4,0 en cada una de las partes de teoría para promediar dicho bloque.

En la convocatoria ordinaria (progresiva o global) el alumno podrá obtener hasta un **10% extra** por participación en clase y trabajos extra. Esta calificación solo se sumará cuando la nota final sea igual o superior a **5,0**.

Documentación permitida Y FRAUDE ACADÉMICO

En los exámenes escritos solo está permitido disponer sobre la mesa de **un libro de Tratamiento Digital de Señales**. Durante el examen no se permitirá el uso de ningún dispositivo electrónico: audífonos, auriculares inalámbricos, intercomunicadores memorias USB, calculadoras, teléfonos móviles, tablets, ordenadores personales...

Cualquier estudiante que realice o coopere en una conducta dirigida a la comisión de **fraude académico** durante las pruebas de evaluación será sancionado conforme a la normativa vigente. La comprobación del fraude conllevará automáticamente la **calificación de cero (0)** en la calificación final de la convocatoria correspondiente (ordinaria o extraordinaria) y, en función de la gravedad, el Tribunal podrá solicitar la apertura de un **expediente disciplinario** conforme a la Ley de Convivencia Universitaria. Asimismo, el profesorado está facultado para **interrumpir el examen de forma inmediata** en el momento en que se detecte el comportamiento fraudulento.

LIBERACIÓN DEL BLOQUE DE LABORATORIO

Con una calificación en el bloque de laboratorio igual o superior a **5,0 en la media** del examen de laboratorio y la evaluación de las prácticas se dará por liberado dicho bloque. **Su calificación se mantendrá por tiempo indefinido** para todos los cursos académicos posteriores.

IDIOMA DE LAS PRUEBAS

Dado que la asignatura se imparte tanto en inglés como en castellano, el estudiante realizará todas las pruebas de evaluación en el **mismo idioma** en el que se le haya impartido la docencia.

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Evaluación progresiva

Criterios de evaluación

La evaluación bajo esta modalidad consta de las siguientes pruebas:

- **Primer examen parcial (40%):** Examen escrito sobre 10 puntos. Nota mínima de **4,0** para promediar. Los alumnos que no alcancen el mínimo podrán recuperarlo o mejorar su nota en el examen de la primera parte del examen global. La nota de esta primera parte será **la calificación más alta** obtenida en el examen parcial o en la primera parte del global.
- **Segundo examen parcial (40%):** Examen escrito sobre 10 puntos. Nota mínima de **4,0** para promediar.
- **Examen de laboratorio (10%):** Examen práctico sobre 10 puntos. Nota mínima de **4,0** para promediar.
- **Evaluación de las prácticas (10%):** Media ponderada de las prácticas realizadas. Las prácticas 1 a 4 pesan un 20% cada una y las prácticas 5 y 6 un 10% cada una. Nota mínima de **4,0** para promediar.

- **Puntuación extra (10%):** Por participación en clase y otros trabajos. Solo se aplica si la nota final es igual o superior a 5,0.

Actividades

- Práctica 1 (2%)
- Práctica 2 (2%)
- Práctica 3 (2%)
- Práctica 4 (2%)
- Examen de laboratorio (10%)
- Práctica 5 (1%)
- Práctica 6 (1%)
- Examen Parcial (40%)
- Examen Global 2ª parte (40%)
- Participación en Clase y Otros Trabajos (10%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Prueba global

Criterios de evaluación

Para los estudiantes que opten por esta vía, la nota se desglosa en:

- **Examen teórico (80%):** Consta de dos partes correspondientes a los parciales de la evaluación progresiva. Es necesario obtener más de un **4,0 en cada parte** para promediar.
- **Examen de laboratorio (10%):** Examen práctico sobre 10 puntos. Nota mínima de **4,0** para promediar.
- **Evaluación de las prácticas (10%):** Media ponderada de las prácticas realizadas. Las prácticas 1 a 4 pesan un 20% cada una y las prácticas 5 y 6 un 10% cada una. Nota mínima de **4,0** para promediar.

Actividades

- Práctica 1 (2%)
- Práctica 2 (2%)
- Práctica 3 (2%)
- Práctica 4 (2%)
- Práctica 5 (1%)
- Práctica 6 (1%)
- Examen Global 1ª parte (40%)
- Examen Global 2ª parte (40%)
- Examen de Laboratorio (10%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Extraordinaria

Criterios de evaluación

La nota de la evaluación extraordinaria se desglosa como:

- **Examen teórico (80%):** Examen escrito sobre 10 puntos. Nota mínima de **4,0** para promediar.
- **Examen de laboratorio (10%):** Examen práctico sobre 10 puntos. Nota mínima de **4,0** para promediar.
- **Evaluación de las prácticas (10%):** Media ponderada de las prácticas realizadas. Las prácticas 1 a 4 pesan un 20% cada una y las prácticas 5 y 6 un 10% cada una. Nota mínima de **4,0**.

Actividades

- Práctica 1 (2%)
- Práctica 2 (2%)
- Práctica 3 (2%)
- Práctica 4 (2%)
- Práctica 5 (1%)
- Práctica 6 (1%)
- Examen de Laboratorio (10%)
- Examen Extraordinario (80%)

RECURSOS

Bibliografía

A. V. Oppenheim, R.W. Schaffer: Discrete-Time Signal Processing. Prentice-Hall, 3rd Ed, 2010.

Libro de texto

J. G. Proakis y D. G. Manolakis, Digital signal processing, 4th ed. Upper Saddle River, N.J: Pearson Prentice Hall, 2007.

Libro auxiliar

S. K. Mitra, Digital signal processing: a computer-based approach, 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2011.

Libro auxiliar

J. O. Smith, Mathematics of the discrete Fourier transform (DFT): with audio applications, 2. ed., [Nachdr.]. North Charleston: BookSurge, 2010.

Libro auxiliar Disponible online: <https://ccrma.stanford.edu/~jos/st/>



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



J. H. McClellan, Ed., Computer-based exercises for signal processing using MATLAB 5. en MATLAB curriculum series. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1998.
Libro auxiliar

Equipamiento

Laboratorio de Señales y Comunicaciones A.201L
Laboratorio docente

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Educación de calidad



Industria, innovación e
infraestructura