



### Guía docente de la asignatura

Se debe indicar de forma fiel cómo va a ser desarrollada la docencia. Esta guía debe ser elaborada teniendo en cuenta a todos los profesores de la asignatura. Conocidos los espacios y profesorado disponible, se debe buscar la máxima presencialidad posible del estudiante siempre respetando las capacidades de los espacios asignados por el centro y justificando cualquier adaptación que se realice respecto a la memoria de verificación. Si la docencia de alguna asignatura fuese en parte online, deben respetarse los horarios tanto de clase como de tutorías). La planificación académica podrá sufrir modificaciones de acuerdo con la actualización de las condiciones sanitarias.

<b>Asignatura</b>	TEORÍA DE LA DETECCIÓN Y ESTIMACIÓN		
<b>Materia</b>	HERRAMIENTAS NUMÉRICAS Y DE SEÑALES AVANZADAS		
<b>Módulo</b>	MATERIAS ESPECÍFICAS DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Titulación</b>	GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Plan</b>	460	<b>Código</b>	45034
<b>Periodo de impartición</b>	2º CUATRIMESTRE	<b>Tipo/Carácter</b>	OBLIGATORIA
<b>Nivel/Ciclo</b>	GRADO	<b>Curso</b>	4º
<b>Créditos ECTS</b>	6 ECTS		
<b>Lengua en que se imparte</b>	CASTELLANO		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	CARLOS ALBEROLA LÓPEZ CÉSAR GUTIÉRREZ VAQUERO		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	TELÉFONO: 983 423000 ext. 5544 / ext. 5836 E-MAIL: <a href="mailto:caralb@tel.uva.es">caralb@tel.uva.es</a> , <a href="mailto:cesargv@mat.uva.es">cesargv@mat.uva.es</a>		
<b>Departamento</b>	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA MATEMÁTICA APLICADA		



## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

### 1.1 Contextualización

En general, cuando las señales se transmiten a través de canales de comunicación, o se reconstruyen a partir de mediciones, están afectadas por perturbaciones de naturaleza aleatoria (ruido), que afectan a sus propiedades originales y que dificultan su identificación. Entonces, es fundamental aprovechar la redundancia existente en los datos, así como todo el conocimiento previo de que se pueda disponer, para poder detectar la información originalmente enviada y/o reconstruir señales distorsionadas por ruido y otros efectos mediante procedimientos óptimos acordes con criterios preestablecidos. En esta asignatura, el alumno adquirirá competencias básicas para resolver esta clase de problemas en el ámbito de las Telecomunicaciones.

### 1.2 Relación con otras materias

La asignatura Teoría de la Detección y Estimación está íntimamente relacionada con la asignatura Señales Aleatorias y Ruido, dado que la segunda constituye la base de la primera. Además, la asignatura proporciona una visión integradora de conceptos desarrollados en asignaturas como Sistemas Lineales, Teoría de la Comunicación, Fundamentos de Transmisión por Radio, Tratamiento Digital de la Señal y Fundamentos de Sonido e Imagen.

### 1.3 Prerrequisitos

No existe ningún prerrequisito excluyente para cursar esta asignatura. Sin embargo, debido a su naturaleza, es fundamental haber cursado previamente las asignaturas Señales Aleatorias y Ruido y Sistemas Lineales. Del mismo modo son muy recomendables las competencias adquiridas en las asignaturas Álgebra Lineal y Cálculo.

En esta asignatura se utilizan herramientas docentes online para la docencia. El alumno deberá contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y, si fuese preciso, con sistemas de videoconferencia.

## 2. Competencias

### 2.1 Generales

- GB1 Capacidad de razonamiento, análisis y síntesis.
- GB2 Capacidad para relacionar conceptos y adquirir una visión integrada, evitando enfoques fragmentarios.
- GB4 Capacidad para trabajar en grupo, participando de forma activa, colaborando con sus compañeros y trabajando de forma orientada al resultado conjunto, y en un entorno multilingüe.
- GB5 Conocimiento de materias básicas, científicas y tecnologías, que le capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y tecnologías.
- GBE2 Capacidad para aplicar métodos analíticos y numéricos para el análisis de problemas en el ámbito de las Telecomunicaciones y la Electrónica.
- GBE3 Capacidad para resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.



- GBE4 Capacidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar datos.
- GE3 Capacidad para desarrollar metodologías y destrezas de aprendizaje autónomo eficiente para la adaptación y actualización de nuevos conocimientos y avances científicos.
- GC1 Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo.
- GC2 Capacidad para comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.

## 2.2 Específicas

- T3 Capacidad para utilizar herramientas informáticas de búsqueda de recursos bibliográficos o de información relacionada con las Telecomunicaciones y la Electrónica.

## 3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer y manejar los métodos básicos de estimación a partir de datos ruidosos.
- Comprender y diseñar sistemas de detección óptima en distintos escenarios.
- Plantear y resolver los problemas propios de la asignatura.
- Diseñar y realizar pruebas experimentales de los resultados teóricos adquiridos.
- Relacionar los contenidos de esta materia con otras disciplinas de las Telecomunicaciones y la Electrónica.
- Adquirir el hábito de la consulta bibliográfica y el contraste con las ideas y resultados expuestos en las lecciones magistrales.
- Ser capaz de formular e interpretar modelos matemáticos sencillos relacionados con las Telecomunicaciones y la Electrónica.
- Adquirir herramientas matemáticas necesarias para futuros estudios de posgrado.

## 4. Bloques temáticos

### Bloque 1: Introducción a la teoría de la estimación

Carga de trabajo en créditos ECTS:

#### a. Contextualización y justificación

Este bloque constituye el primero de los dos en que esta asignatura se estructura y consta de los temas necesarios para que el alumno se familiarice con los métodos básicos de estimación, tanto de parámetros determinísticos desconocidos como de variables aleatorias.

#### b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Resolver analíticamente problemas de estimación.
- Simular e implementar algoritmos de estimación.
- Saber realizar un análisis crítico y comparativo de los resultados obtenidos mediante distintas técnicas de procesado de señal en los diversos campos de aplicación.



### c. Contenidos

---

#### **TEMA 1: Introducción a la Teoría de la Estimación**

- 1.1 Objetivos
- 1.2 Revisión de fundamentos de probabilidad, variables aleatorias y procesos estocásticos
- 1.3 Concepto de estimación y medida de prestaciones
- 1.4 Estimador insesgado de mínima varianza (MVUE)

#### **TEMA 2: Obtención del MVUE**

- 2.1 Objetivos
- 2.2 Cota de Cramer-Rao
- 2.3 Modelo lineal de datos
- 2.4 Estadístico suficiente
- 2.5 BLUE

#### **TEMA 3: Estimador de Máxima Verosimilitud**

- 3.1 Objetivos
- 3.2 Definición
- 3.3 Propiedades
- 3.4 Parámetros transformados
- 3.5 Inicialización. Método de los momentos

#### **TEMA 4: Estimador de Mínimos Cuadrados**

- 4.1 Objetivos
- 4.2 Definición e Interpretación geométrica
- 4.3 Mínimos cuadrados recursivos orden creciente
- 4.4 Mínimos cuadrados secuenciales

#### **TEMA 5: Estimación Bayesiana**

- 5.1 Objetivos
- 5.2 Definición
- 5.3 Funciones de riesgo y estimadores resultantes
- 5.4 Estimación lineal de mínimo error cuadrático medio. Filtro de Wiener

#### **TEMA 6: Filtro de Kalman**

- 6.1 Objetivos
- 6.2 Definición
- 6.3 Modelo dinámico de señal y derivación del filtro
- 6.4 Comparación con el filtro de Wiener

### d. Métodos docentes

---

- Clase magistral participativa
- Resolución de problemas por el profesor y en grupo
- Simulación en el laboratorio de supuestos de estimación y comparación, en su caso, con resultados analíticos
- Exposiciones de trabajos y ejercicios

### e. Plan de trabajo

---



Véase el Anexo I.

## f. Evaluación

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Examen (40%).
- Prueba práctica de simulación (30%).
- Trabajos e informes realizados por el alumno o grupo de trabajo (20%). Este apartado consta de la entrega individual de dos ejercicios (seminarios evaluables) y de un trabajo realizado en grupo, el cual se realizará en horas de trabajo no presencial.
- Exposición de trabajos seleccionados y capacidad de respuesta a las cuestiones que se le planteen (10%)

## g. Material docente

---

### g.1 Bibliografía básica

---

- C. Alberola López, *Probabilidad, variables aleatorias y procesos estocásticos: Una introducción orientada a las telecomunicaciones*, Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial, 2004.
- S. M. Kay, *Fundamentals of Statistical Signal Processing. Estimation Theory*, 1st ed., Prentice-Hall Int. Ed., 1993.

### g.2 Bibliografía complementaria

---

- A. Papoulis, *Probability, Random Variables, and Stochastic Processes*, 3rd ed., Mc-Graw Hill, 1991.
- P. Peebles, *Probability, Random Variables, and Random Signal Principles*, 4th ed., Mc-Graw Hill, 2001.
- H. Starks, J. W. Woods, *Probability, Random Variables and Estimation Theory for Engineers*, 2<sup>nd</sup> ed., Mc-Graw Hill, 1994.
- B. W. Lindgren, *Statistical Theory*, 4th ed. Collier-Macmillan Int. Ed., 1976.
- H. V. Poor, *An Introduction to Signal Detection and Estimation*, 2nd ed., Springer-Verlag, 1994.
- S. Haykin, *Adaptive Filter Theory*, 1st ed., Prentice-Hall Int. Ed., 1996.

### g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

---

Se dispondrá, caso de ser necesario, de:

Vídeos explicativos de los contenidos de cada tema del bloque.

Vídeos de resolución de problemas de cada tema del bloque.

Participación en foros de resolución de dudas.

## h. Recursos necesarios

---

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Entorno de trabajo en la plataforma *Moodle* ubicada en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid,
- Laboratorio de PCs.
- Documentación de apoyo.





En esta asignatura se utilizan herramientas online para la docencia. El alumno deberá contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y, si fuese preciso, con sistemas de videoconferencia.

### i. Temporalización

TEMA	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
Introducción a la teoría de la estimación	Semanas 1
Obtención del MVUE y del BLUE	Semanas 2 y 3
Estimador de máxima verosimilitud	Semana 4
Estimador de mínimos cuadrados	Semana 5
Estimación Bayesiana	Semana 6
Estimación secuencial, Wiener y Kalman	Semana 7

### Bloque 2: Introducción a la teoría de detección

Carga de trabajo en créditos ECTS:

#### a. Contextualización y justificación

En este bloque se introducen los métodos clásicos de detección de señales, y se obtienen y estudian los detectores óptimos, en algún sentido a precisar, que resuelven determinados problemas propios de las Telecomunicaciones.

#### b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer y comprender los principios estadísticos que sustentan los métodos clásicos de detección.
- Resolver analíticamente problemas de detección.
- Diseñar detectores óptimos atendiendo a las características del problema.
- Evaluar la calidad de un detector analíticamente y/o experimentalmente mediante simulaciones.

#### c. Contenidos

##### TEMA 7: Introducción a la Detección de Señales

- 7.1 Objetivos
- 7.2 El problema de detección. Ejemplos
- 7.3 La distribución de probabilidad normal multivariante
- 7.4 Resumen

##### TEMA 8: Diseño de Detectores

- 8.1 Objetivos
- 8.2 Test de hipótesis
- 8.3 Criterio de Neyman-Pearson
- 8.4 Enfoque Bayesiano
- 8.5 Resumen



### TEMA 9: Detección de Señales sin Parámetros Desconocidos

- 9.1 Objetivos
- 9.2 Detector correlación-réplica
- 9.3 Receptor de mínima distancia
- 9.4 Detector de energía
- 9.5 Resumen

### TEMA 10: Detección de Señales con Parámetros Desconocidos

- 10.1 Objetivos
- 10.2 Detector Razón de Verosimilitudes Generalizado
- 10.3 Modelo Lineal
- 10.4 Resumen

#### d. Métodos docentes

---

- Clase magistral participativa
- Resolución de problemas por el profesor y en grupo
- Simulación de problemas de detección en laboratorio
- Exposiciones de ejercicios

#### e. Plan de trabajo

---

Véase el Anexo I.

#### f. Evaluación

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Examen (40%)
- Prueba práctica individual en el laboratorio (30%)
- Trabajos e informes realizados por el alumno. Este apartado constará de entregas individuales de ejercicios que se realizarán en horas no presenciales (20%)
- Exposición de los ejercicios entregados y capacidad de respuesta a las cuestiones que se le planteen (10%)

#### g Material docente

---

##### g.1 Bibliografía básica

---

- C. Alberola-López, *Probabilidad, variables aleatorias y procesos estocásticos: Una introducción orientada a las telecomunicaciones*, Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial, 2004.
- S. M. Kay, *Fundamentals of Statistical Signal Processing. Detection Theory*, 1st ed., Prentice-Hall PTR., 1998.

##### g.2 Bibliografía complementaria

---



- M. Barkat, *Signal Detection and Estimation*, 2nd ed., Artech House, 2005.
- C. W. Helstrom, *Elements of Signal Detection and Estimation*, 1st ed., PTR Prentice Hall, 1995.
- B. C. Levy, *Principles of Signal Detection and Parameter Estimation*, 1st ed., Springer, 2008.
- H. V. Poor, *An Introduction to Signal Detection and Estimation*, 2nd ed., Springer-Verlag, 1994.
- H. L. Van Trees, *Detection, Estimation, and Modulation Theory, Part I: Detection, Estimation, and Linear Modulation Theory*, 1st ed., John Wiley & Sons, 2001.

### g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

Se dispondrá, caso de ser necesario, de:

Vídeos explicativos de los contenidos de cada tema del bloque.

Vídeos de resolución de problemas de cada tema del bloque.

Participación en foros de resolución de dudas.

### h. Recursos necesarios

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid, u otro soporte web.
- Laboratorio de PCs.
- Documentación de apoyo.

En esta asignatura se utilizan herramientas online para la docencia. El alumno deberá contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y, si fuese preciso, con sistemas de videoconferencia.

### i. Temporalización

TEMA	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
7. Introducción a la Detección de Señales	Semana 8
8. Diseño de Detectores	Semanas 9 y 10
9. Detección de Señales sin Parámetros Desconocidos	Semanas 11 y 12
10. Detección de Señales con Parámetros Desconocidos	Semanas 13 y 14

## 5. Métodos docentes y principios metodológicos

La asignatura se impartirá mediante clases magistrales participativas, sesiones de problemas resueltos por el profesor, seminarios de resolución de problemas por parte de los alumnos, prácticas de laboratorio y exposiciones de trabajos y ejercicios con evaluación por pares.



## 6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	30	Estudio y trabajo autónomo individual	60
Clases prácticas de aula (A)	12	Estudio y trabajo autónomo grupal	30
Laboratorios (L)	12		
Prácticas externas, clínicas o de campo	0		
Seminarios (S)	6		
Tutorías grupales (TG)	0		
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)	0		
<b>Total presencial</b>	<b>60</b>	<b>Total no presencial</b>	<b>90</b>

## 7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL (Bloques 1 y 2)	OBSERVACIONES
Prueba(s) escrita(s)	40%	Para superar la asignatura es necesario obtener al menos 0.75 puntos por bloque en este apartado
Prácticas de laboratorio	30%	
Trabajos e informes realizados por el alumno o grupo de trabajo	20%	
Exposición de trabajos seleccionados y capacidad de respuesta a las cuestiones que se le planteen	10%	

### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
  - Por cada bloque, y caso de superarse el umbral, la nota final será la suma ponderada de las calificaciones obtenidas en cada uno de los instrumentos arriba reseñados. La nota final será la suma de las calificaciones de cada bloque.  
  
En caso de no superar el umbral en algún bloque, la nota final del bloque no superado será igual a la obtenida en la prueba escrita de ese bloque y su nota final será la menor entre la nota que haya obtenido sumando la correspondiente a ambos bloques y 4.5 puntos
- **Convocatoria extraordinaria:**
  - El alumno deberá hacer una prueba escrita que se establecerá a tal efecto, cuyo valor será el 40% de la nota final. Para superar la asignatura es necesario obtener al menos 0.75 puntos por bloque en esta prueba. El resto de las calificaciones se entenderán que son calificaciones "por curso". Dado que los trabajos e informes miden la evolución del proceso de aprendizaje, caso de realización individual, o desarrollan la competencia de trabajo en grupo, caso de realización grupal, únicamente serán objeto de convocatoria extraordinaria las prácticas de laboratorio y cuando resulten imprescindibles para que el alumno pueda superar la asignatura.

## 8. Consideraciones finales



- El Anexo I mencionado en la guía, donde se describe la planificación detallada, se entregará al comienzo de la asignatura.
- Cada bloque supondrá el 50% de la nota final.

