

**Guía docente de la asignatura**

Asignatura	ESTIMACIÓN, DETECCIÓN Y MÉTODOS NUMÉRICOS		
Materia	COMPLEMENTOS DE TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES para Graduados en Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Sistemas Electrónicos, en Telemática, o en Sistemas de Telecomunicación		
Módulo			
Titulación	MÁSTER EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN		
Plan	544	Código	
Periodo de impartición	1º CUATRIMESTRE	Tipo/Carácter	OPTATIVA*
Nivel/Ciclo	MÁSTER	Curso	COMPLEMENTOS DE FORMACIÓN
Créditos ECTS	6 ECTS		
Lengua en que se imparte	CASTELLANO		
Profesor/es responsable/s	CÉSAR GUTIÉRREZ VAQUERO ANTONIO TRISTÁN VEGA MIGUEL ÁNGEL MARTÍN FERNÁNDEZ		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	TELÉFONO: 983185968 (César Gutiérrez), 983423715 (Antonio Tristán), 983185934 (Miguel Á. Martín) E-MAIL: cesargv@mat.uva.es ; antonio.tristan@tel.uva.es ; migmar@uva.es		
Departamentos	MATEMÁTICA APLICADA TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E ING. TELEMÁTICA		
Fecha de revisión por el comité de título	10/07/2023		

(*) Esta asignatura es optativa a nivel de título, pero es obligatoria para los alumnos que acceden al máster desde el Grado en Ingeniería de Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Sistemas Electrónicos, en Telemática, o en Sistemas de Telecomunicación.



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 Estimación, Detección y Métodos Numéricos proporciona las bases fundamentales para poder abordar materias en relación con el procesado de señales y las comunicaciones. Está especialmente relacionada con la asignatura Procesado de Señal en Comunicaciones.

1.3 Prerrequisitos

No existe ningún prerrequisito excluyente para cursar esta asignatura. Sin embargo, debido a su naturaleza, es fundamental haber cursado previamente materias relacionadas con las señales aleatorias y modelado de ruido, sistemas lineales, álgebra lineal y cálculo infinitesimal.

El alumno deberá contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual.

2. Competencias

2.1 Generales

- Capacidad para resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- Capacidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar datos.
- Capacidad para desarrollar metodologías y destrezas de aprendizaje autónomo eficiente para la adaptación y actualización de nuevos conocimientos y avances científicos.
- Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo.
- 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

- Capacidad para aplicar métodos analíticos y numéricos para el análisis de problemas en el ámbito de las Telecomunicaciones y la Electrónica.
- Capacidad para construir, explotar y gestionar las redes, servicios, procesos y aplicaciones de telecomunicaciones, entendidas éstas como sistemas de captación, transporte, representación, procesado, almacenamiento, gestión y presentación de información multimedia, desde el punto de vista de los sistemas de transmisión.



- Capacidad para analizar, codificar, procesar y transmitir información multimedia empleando técnicas de procesado analógico y digital de señal.

3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Comprender los distintos métodos de estimación y detección existentes y su aplicación en el campo específico, en particular, en señales multimedia.
- Comprender y reconocer las limitaciones de los métodos analíticos y la necesidad de utilizar métodos numéricos.
- Conocer distintos métodos para resolver numéricamente problemas de matemática avanzada.

4. Contenidos y/o 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. Asimismo, se impartirán conceptos de métodos numéricos para la optimización de funciones objetivo, interpolación y manejo de ecuaciones en diferencias para formulación en el espacio de estados.

b. Objetivos de aprendizaje

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

- Resolver analíticamente y numéricamente 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 en grupo
- Simulación de supuestos de estimación y comparación, en su caso, con resultados analíticos

e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I.

f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Prueba(s) escrita(s) (40%).
- Evaluación continua, basada en prácticas de laboratorio, trabajos e informes realizados por el alumno o grupo de trabajo, y exposición de trabajos seleccionados (60%).

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*, Primera edición, Prentice Hall, 1993.
- Alberola López C., Casaseca de la Higuera J. P., Martín Fernández, M., San José Revuelta, L. M. Royuela del Val, J. *Problemas resueltos de Señales aleatorias y ruido*, Editorial Paraninfo, 2018.

g.2 Bibliografía complementaria

- A. Papoulis, *Probability, Random Variables, and Stochastic Processes*, Tercera edición, McGraw Hill, 1991.
- P. Peebles, *Probability, Random Variables, and Random Signal Principles*, Cuarta edición, McGraw Hill, 2001.
- H. Starks, J. W. Woods, *Probability, Random Variables and Estimation Theory for Engineers*, Segunda edición, McGraw Hill, 1994.
- B. W. Lindgren, *Statistical Theory*, Cuarta edición, Collier Macmillan, 1976.
- H. V. Poor, *An Introduction to Signal Detection and Estimation*, Segunda edición, Springer Verlag, 1994.
- S. Haykin, *Adaptive Filter Theory*, Primera edición, Prentice Hall, 1996.

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

- Materiales proporcionados por el profesor para contenidos incluidos en el temario no impartidos presencialmente en el aula o laboratorio. Disponibles a través del Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.

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, u otro soporte web.
- Laboratorio de PCs.
- Documentación de apoyo.

i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
3	Semanas 1 a 8

Bloque 2: Introducción a la teoría de detecciónCarga de trabajo en créditos ECTS: 3**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. Asimismo, se desarrollan procedimientos numéricos para implementar dichos detectores.

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 analítica y numéricamente problemas de detección.
- Diseñar detectores óptimos atendiendo a las características del problema.
- Evaluar la calidad de un detector analítica y 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

- 11.0 Objetivos
- 12.0 Detector Razón de Verosimilitudes Generalizado
- 13.0 Modelo Lineal
- 14.0 Resumen

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa



- Resolución de problemas
- Simulación de problemas de detección en laboratorio

e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I.

f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Prueba(s) escrita(s) (40%).
- Evaluación continua, basada en prácticas de laboratorio, trabajos e informes realizados por el alumno o grupo de trabajo, y exposición de trabajos seleccionados (60%).

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*, Primera edición, Prentice Hall, 1993.
- Alberola López C., Casaseca de la Higuera J. P., Martín Fernández, M., San José Revuelta, L. M. Royuela del Val, J. *Problemas resueltos de Señales aleatorias y ruido*, Editorial Paraninfo, 2018.

g.2 Bibliografía complementaria

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

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

- Materiales proporcionados por el profesor para contenidos incluidos en el temario no impartidos presencialmente en el aula o laboratorio. Disponibles a través del Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.

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.

i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
3	Semanas 9 a 15

5. Métodos docentes y principios metodológicos

- Clases magistrales participativas. Los principales contenidos de la asignatura serán expuestos en clase. Se utilizará apoyo con transparencias y uso de pizarra. Cuando sea posible, los principales conceptos se introducirán mediante el planteamiento de un problema previo del cual se deduzca la necesidad de nuevos elementos.
- Clases de problemas y resolución de casos de interés práctico. Se resolverán problemas de tipo práctico en clase con apoyo de pizarra.
- Clase inversa/Tutorías, en las que se trabajará sobre materiales disponibles que el alumno debe haber estudiado con anterioridad.
- Estudio de casos en el laboratorio. Se ilustrarán de forma práctica los conceptos explicados en clase mediante prácticas de laboratorio. El profesor guiará en todo momento la realización de las prácticas mediante explicaciones con apoyo de pizarra y/o transparencias.

6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA ⁽¹⁾	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		
Total presencial	60	Total no presencial	90
TOTAL presencial + no presencial			150

(1) Actividad presencial a distancia es aquella en la que un grupo de alumnos sigue una videoconferencia de forma síncrona a la clase impartida por el profesor.

7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Pruebas escritas	40%	
Evaluación continua	60%	

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN
<ul style="list-style-type: none">La evaluación continua se basará en prácticas de laboratorio, trabajos e informes realizados por el alumno o grupo de trabajo, y exposición de trabajos seleccionados.La participación en la evaluación continua implica que el estudiante se presenta a la convocatoria ordinaria de la asignatura.Para la convocatoria extraordinaria, se respetará la calificación obtenida en la evaluación continua, si esta se hubiera producido.

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.