

**Proyecto/Guía docente de la asignatura adaptada a la Nueva Normalidad**

Asignatura	PROCESADO DE SEÑALES EN COMUNICACIONES		
Materia	PROCESADO DE SEÑALES EN COMUNICACIONES		
Módulo			
Titulación	MÁSTER EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN		
Plan	544	Código	53814
Periodo de impartición	1 ^{er} . CUATRIMESTRE	Tipo/Carácter	OBLIGATORIA
Nivel/Ciclo	MÁSTER	Curso	1º
Créditos ECTS	6 ECTS		
Lengua en que se imparte	CASTELLANO		
Profesor/es responsable/s	ROBERTO HORNERO SÁNCHEZ LUIS MIGUEL SAN JOSÉ REVUELTA JUAN PABLO CASASECA DE LA HIGUERA JESÚS POZA CRESPO		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	TELÉFONO: 983 423000 ext. 5570 / ext. 5543 / ext. 5591 / ext. 5569 E-MAIL: robhor@tel.uva.es , lsanjose@tel.uva.es , casasec@tel.uva.es , jespoz@tel.uva.es		
Horario de tutorías	Véase www6.uva.es → Centros → Campus de Valladolid → Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación → Tutorías		
Departamento	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		

1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

Esta asignatura se enmarca dentro de los cursos de Tratamiento de Señal y Comunicaciones su objetivo es presentar al alumno un conjunto de técnicas y algoritmos de procesamiento de señal empleados en los actuales sistemas de comunicaciones, con especial énfasis en los sistemas MIMO que emplean varias antenas en transmisión y recepción, así como en los sistemas de codificación avanzada. El curso comprende tres grandes bloques. En el primero se presentan técnicas de detección y estimación bayesiana en entornos tanto mono- como multi-usuario. El segundo bloque se centra en los sistemas con diversidad MIMO que emplean codificación espacio-temporal por bloques. Por último, el tercer bloque estudia diferentes tipos de codificación avanzada del canal, tales como los códigos cíclicos, los convolucionales o los turbo.

La asignatura presenta una continuación a material como Teoría de la Comunicación, habituales en los cursos de grado. Así mismo, las prácticas y simulaciones realizadas sobre los diferentes temas pretenden el afianzamiento de los conceptos teóricos. Dado que la asignatura pertenece a estudios de máster, cada una de las partes presentará el material y conocimientos básicos sobre el tema y se facilitará al alumno información y referencias suficientes para que éste aborde el estudio más detallado y la puesta en práctica de los diferentes conceptos.

La materia objeto de estudio en esta asignatura es de gran utilidad en los sistemas actuales reales de comunicaciones móviles donde se encuentra presente en numerosos estándares ya comercializados.

1.2 Relación con otras materias

Esta asignatura está especialmente relacionada con "Diseño y Simulación de Sistemas de Comunicaciones", pues dicha asignatura proporciona los conocimientos básicos para comprender los elementos y los principios de diseño de sistemas de comunicaciones, y con "Diseño y Aplicaciones de Sistemas de Radiocomunicaciones y Radiodeterminación", la cual profundiza en los principios de diseño de antenas de sistemas de comunicaciones y aborda además las técnicas de radar y sus aplicaciones.

1.3 Prerrequisitos

No existen condiciones previas excluyentes para cursar esta asignatura, aunque sí recomendaciones lógicas que el alumno debería tener en cuenta. Es recomendable para los Graduados en Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Sistemas Electrónicos, haber cursado la asignatura "Estimación, Detección y Métodos Numéricos" de la materia "Complementos de Teoría de la Señal y Comunicaciones" del "Bloque de Materias de Complementos de Formación". Además, es recomendable para los Graduados en Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Telemática, haber cursado las asignaturas "Estimación, Detección y Métodos Numéricos" y "Complementos de Transmisores y Receptores" del "Bloque de Materias de Complementos de Formación". Finalmente, es recomendable para los Graduados en Tecnologías Específicas de Telecomunicación, Mención en Sistemas de Telecomunicación, haber cursado la asignatura "Estimación, Detección y Métodos Numéricos" del "Bloque de Materias de Complementos de Formación".

Dado el escenario de "nueva normalidad" y atendiendo a la posible evolución de los acontecimientos, en esta asignatura se utilizan o se podrán utilizar herramientas docentes online para la docencia y la evaluación. El

alumno deberá contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y con los sistemas de videoconferencia.

Para la evaluación del aprendizaje de esta asignatura el alumno acepta utilizar los mecanismos técnicos que constan en esta Guía y aquellos que la Universidad determine y/o facilite.

2. Competencias

2.1 Generales

- G1. Capacidad para calcular y diseñar productos y procesos en ámbitos de la Ingeniería de Telecomunicación.
- G4. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y simulación en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Ingeniería de Telecomunicación y campos multidisciplinares afines.
- G7. Capacidad para la puesta en marcha, dirección y gestión de procesos de fabricación de equipos electrónicos y de telecomunicaciones.
- G8. Capacidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares, siendo capaces de integrar conocimientos.
- G12. Poseer habilidades para el aprendizaje continuado, autodirigido y autónomo.

2.2 Específicas

- S1. Capacidad para aplicar métodos de la teoría de la información, la modulación adaptativa y codificación de canal, así como técnicas avanzadas de procesamiento digital de señal a los sistemas de comunicaciones y audiovisuales.
- S2. Capacidad para desarrollar sistemas de radiocomunicaciones: diseño de antenas, equipos y subsistemas, modelado de canales, cálculo de enlaces y planificación.
- S3. Capacidad para implementar sistemas por cable, línea, satélite en entornos de comunicaciones fijas y móviles.

3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Conocer los principales métodos bayesianos de detección y estimación conjuntas aplicados a un receptor de comunicaciones móviles digitales.
- Analizar y proponer diversos mecanismos de limitación de la complejidad en igualadores ciegos bayesianos.
- Conocer el concepto de diversidad de un receptor y modulación adaptativa.
- Ser capaces de hacer una comparativa con juicio crítico de las ventajas y desventajas de los sistemas MIMO, SISO, MISO, y SIMO.



- Conocer los mecanismos de funcionamiento, así como los algoritmos matemáticos básicos del funcionamiento de sistemas de comunicaciones con canal compartido por múltiples usuarios de forma óptima.
- Desarrollar sistemas eficientes de comunicación incorporando algoritmos de procesado.
- Conocer diferentes técnicas y códigos de codificación de canal, especialmente las relacionadas con los sistemas y estándares de comunicaciones digitales sobre medios conductores o transmisión inalámbrica.
- Identificar cuándo se debe utilizar cada una de las diferentes técnicas y códigos de codificación de canal en un sistema de comunicaciones.
- Encontrar y analizar información sobre técnicas y códigos de codificación de canal.
- Simular sistemas de comunicaciones digitales empleando la herramienta informática MatLab®.

4. Contenidos y/o bloques temáticos

Bloque 1: Procesado de Señales en Comunicaciones

Carga de trabajo en créditos ECTS:

6

a. Contextualización y justificación

La asignatura consta de un único bloque temático dividido en 4 temas. El Tema 1 proporciona una visión global de la asignatura, describiendo sus diferentes temas, bibliografía, metodología de trabajo y criterios de evaluación. En el Tema 2 se estudian los principales algoritmos de igualación ciega bayesiana en un escenario de comunicaciones móviles digitales. Para ello, se abordan inicialmente los métodos clásicos y bayesianos tanto de detección de símbolos como de estimación de la respuesta impulsiva del canal, para, a continuación, derivar los algoritmos en su versión ciega. Se estudian finalmente las principales estructuras para su implementación, los métodos para reducir la complejidad y hacer viables los igualadores propuestos, y se comenta brevemente sobre la estimación de la calidad del proceso conjunto (a través de la estimación de la BER) así como sobre el control de la convergencia. En el Tema 3 se describe una técnica muy utilizada recientemente que persigue el máximo aprovechamiento del canal de comunicaciones en entornos de comunicaciones complejos con la presencia de múltiples usuarios y/o espectro ensanchado, todos ellos compartiendo el mismo canal de forma simultánea. Concretamente se introduce la tecnología de múltiples entrada y salidas, de gran potencial para lograr el objetivo anteriormente expuesto. Finalmente, el Tema 4 se centra en las técnicas de codificación de canal. Comienza con un repaso de la capacidad de canal y el teorema de capacidad de información para posteriormente centrarse en los diferentes tipos de códigos utilizados en las comunicaciones digitales (códigos de bloques lineales, códigos cíclicos, códigos convolucionales, códigos turbo, etc.). Conviene mencionar que cada tema finaliza con ejemplos de aplicación de las técnicas analizadas en los mismos. Asimismo, irán acompañados de prácticas de laboratorio, donde el alumno tendrá que aplicar el conocimiento adquirido al procesado de señales en comunicaciones.

b. Objetivos de aprendizaje

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

- Conocer los principales algoritmos bayesianos de estimación y detección conjunta en sistemas de comunicaciones digitales.
- Conocer la tecnología MIMO de comunicaciones en sus distintos entornos.
- Comprender el funcionamiento y la utilidad de los códigos espacio-tiempo por bloques (STBC).
- Simular un entorno de comunicaciones con canal de tipo MIMO para alguna de sus diferentes variantes..
- Describir los fundamentos básicos de las técnicas de codificación de canal.
- Enumerar distintas técnicas de codificación de canal existentes.
- Identificar cuándo se debe utilizar cada una de las diferentes técnicas de codificación de canal en un sistema de comunicaciones.
- Utilizar la herramienta informática MatLab® para simular sistemas de comunicaciones digitales.

c. Contenidos

TEMA 1: Introducción

- 1.1. Descripción general de la asignatura
- 1.2. Criterios de evaluación

TEMA 2: Igualación en sistemas de comunicaciones móviles digitales

- 2.1 Modelo de canal. Parámetros fundamentales
- 2.2 Detectores óptimos bayesianos
- 2.3 Estimación de canal
- 2.4 Igualadores bayesianos. Detección y estimación conjuntas
- 2.5 Técnicas limitadoras de la complejidad
- 2.6 Estimación de la probabilidad de error y control de convergencia
- 2.7 Introducción a los igualadores ciegos bayesianos multiusuario

TEMA 3: Sistemas de comunicación multiusuario de múltiples entradas y salidas (MIMO)

- 3.1 Introducción a los sistemas MIMO: definición, propiedades y ejemplos
- 3.2 Propagación espacio-temporal (ST)
- 3.3 Modelos de canal ST
- 3.4 Modelos de señal ST
- 3.5 Capacidad de canales ST
- 3.6 Probabilidad e congestión (*outage*)
- 3.7 Simulación por ordenador

TEMA 4: Codificación de canal

- 4.1. Introducción
- 4.2. Capacidad de canal
- 4.3. Códigos de bloques lineales
- 4.4. Códigos cíclicos
- 4.5. Códigos convolucionales
- 4.6. Códigos turbo y LDPC

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa.
- Prácticas en el laboratorio.
- Trabajo en grupo en el laboratorio.

e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I.

f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Evaluación del laboratorio con cuestiones sobre cada una de las prácticas y realización de una práctica evaluable en el laboratorio para el tema 3.
- Prueba escrita al final del cuatrimestre.

g. Material docente

g.1 Bibliografía básica

- A. B. Gershman, N. D. Sidiropoulos (Eds.): *Space-time processing for MIMO communications*. John Wiley, 2005
- S. Glisic, B. Vucetic, *Spread Spectrum CDMA Systems for Wireless Communications*, Artech House Publishers, UK, 1997.
- S. Haykin, *Adaptive Filter Theory*, 3rd edition, Prentice-Hall Information and System Sciences Series, New Jersey, 1996.
- A. Paulraj, R. Nabar, D. Gore, *Introduction to Space-Time wireless communications*, Cambridge University Press, 2008.
- J. G. Proakis, M. Salehi, *Fundamentals of Communication Systems*, 2nd Ed. Prentice Hall, 2013.
- F. Pérez González, A. Artés Rodríguez, *Comunicaciones Digitales*, Prentice Hall, 2007.

g.2 Bibliografía complementaria

- S. T. Alexander, *Adaptive Signal Processing: Theory and Applications*, Springer-Verlag, New York, 1986.
- S. Kay, *Fundamentals of Statistical Signal Processing, Volume I: Estimation Theory*, Prentice-Hall, 1993.
- S. Kay, *Fundamentals of Statistical Signal Processing, Volume II: Detection Theory*, Prentice-Hall, 1998.
- B. Sklar, *Digital Communications: Fundamentals and Applications*, 2nd Ed. Prentice Hall, 2001.
- A. F. Molisch, *Wireless Communications*, 2nd Ed, 2012.

- S. Verdú, *Multiuser detection*, Cambridge University Press, UK: 1998.

g.3 Otros recursos telemáticos

- Podrán emplearse materiales escritos y/o audiovisuales proporcionados por el profesor para explicación o refuerzo de determinados contenidos incluidos del temario.

h. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la Universidad de Valladolid o el profesor:

- Documentación de apoyo.
- Pizarra, ordenador y cañón de proyección en las aulas para las clases magistrales participativas.
- Laboratorio con veinte ordenadores con el sistema operativo Windows® o Linux y licencia de Matlab® para la realización de las prácticas de laboratorio. Una pizarra en el laboratorio es también necesaria para que el profesor aclare conceptos generales a todos los alumnos.
- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle, ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.
- En este curso se utilizan herramientas docentes online para la docencia y la evaluación. En caso de un transcurso normal de la docencia estarán disponibles las aulas informáticas del centro. En caso de una afección por medidas sanitarias especiales, el alumno debe contar con medios informáticos y telemáticos suficientes para interactuar con el Campus Virtual y con los sistemas de videoconferencia.

i. Temporalización (por bloques temáticos)

BLOQUE TEMÁTICO	CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
Bloque 1: Procesado de señales en comunicaciones	6 ECTS	Semanas 1 a 15

5. Métodos docentes y principios metodológicos

- Clase magistral participativa.
- Prácticas en el laboratorio.
- Trabajo en grupo en el laboratorio.

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)	25	Estudio y trabajo autónomo individual	50
Clases prácticas de aula (A)	10	Estudio y trabajo autónomo grupal	40
Laboratorios (L)	22		
Prácticas externas, clínicas o de campo	0		
Seminarios (S)	0		
Tutorías grupales (TG)	0		
Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes)	3		
Total presencial	60	Total no presencial	90
TOTAL presencial + no presencial			150

(1) Actividad presencial a distancia es cuando un grupo sigue una videoconferencia de forma sincrónica a la clase impartida por el profesor.

7. Sistema y características de la evaluación

Criterio: cuando al menos el 50% de los días lectivos del cuatrimestre transcurran en normalidad, se asumirán como criterios de evaluación los indicados en la guía docente.

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Cuestionarios de laboratorio	35%	Un 35% de la nota final se evalúa mediante una serie de cuestiones y/o de la calidad del código programado al final de cada práctica o en la práctica final evaluable (tema 3). La evaluación se realizará de forma individual y está destinada a evaluar el grado de comprensión por parte del alumno de una serie de conceptos relacionados con el uso de MatLab® en el contexto de "Procesado de Señales en Comunicaciones".
Examen final escrito	65%	El examen consiste de una serie de cuestiones, que el alumno ha de resolver y que permiten evaluar el grado de comprensión de los conceptos fundamentales del temario de la asignatura.

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> Convocatoria ordinaria: <ul style="list-style-type: none"> De acuerdo con la tabla anterior. Convocatoria extraordinaria: <ul style="list-style-type: none"> Se realizará el examen final escrito (65%). Se conservará la nota obtenida durante la evaluación continua de la parte práctica de la asignatura (35%).



8. Consideraciones finales

- El Anexo I mencionado en la guía, donde se describe la planificación detallada, se entregará al comienzo de la asignatura.



Adenda a la Guía Docente de la asignatura

A. Contenidos y/o bloques temáticos

Bloque 1: Procesado de Señales en Comunicaciones

Carga de trabajo en créditos ECTS: 6

c. Contenidos Adaptados a formación online

Los contenidos son los mismos indicados previamente en el apartado 4.c.

d. Métodos docentes online

- La docencia online se articulará a través de recursos y actividades disponibles en el Campus Virtual (entorno Moodle) de la Universidad de Valladolid.
- Presentación de conceptos teóricos: clase magistral grabada en vídeo explicando los conceptos fundamentales, con apoyo de transparencias y notas.
- Resolución de casos de interés práctico. Grabaciones en vídeo de la resolución.
- Sesiones de tutoría mediante videoconferencia, en la que se revisarán los contenidos principales presentados mediante material audiovisual y se resolverán dudas sobre los mismos.
- Prácticas de laboratorio a realizar individualmente en casa con MATLAB mediante licencia campus. Si así lo desean, los alumnos podrán conectarse al servidor virtual de los laboratorios de la escuela para realizar las prácticas. En este caso, la realización de las mismas deberá ser síncrona en el horario reservado para la asignatura. Los alumnos dispondrán de vídeo-guías grabadas con las indicaciones necesarias para realizar la práctica.
- Tutorías grupales mediante videoconferencia, utilización de foros y correo electrónico. Se avisará a los alumnos con suficiente antelación mediante correo electrónico.
- Tutorías individuales, que se realizarán por videoconferencia o correo electrónico bajo petición.

e. Plan de trabajo online

Véase el Anexo I.

f. Evaluación online

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Evaluación del laboratorio con cuestiones y/o memorias sobre cada una de las prácticas mediante las herramientas del Campus Virtual.
- Prueba escrita al final de los temas 2, 3 y 4 mediante cuestionarios realizados a través del Campus Virtual.

i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
2	TEMA 1 Introducción y TEMA 2 Igualación en sistemas de comunicaciones móviles digitales
2	TEMA 3: Sistemas de comunicación multiusuario de múltiples entradas y salidas (MIMO)
2	TEMA 4: Codificación de canal

A5. Métodos docentes y principios metodológicos

- La docencia online se articulará a través de recursos y actividades disponibles en el Campus Virtual (entorno Moodle) de la Universidad de Valladolid.
- Presentación de conceptos teóricos: clase magistral grabada en vídeo explicando los conceptos fundamentales, con apoyo de transparencias y notas manuscritas.
- Resolución de casos de interés práctico. Grabaciones en vídeo de la resolución.
- Clase inversa mediante videoconferencia, en la que se revisarán los contenidos principales presentados mediante material audiovisual y se resolverán dudas sobre los mismos.
- Prácticas de laboratorio a realizar individualmente en casa con MATLAB mediante licencia campus. Si así lo desean, los alumnos podrán conectarse al servidor virtual de los laboratorios de la escuela para realizar las prácticas. En este caso, la realización de las mismas deberá ser síncrona en el horario reservado para la asignatura. Los alumnos dispondrán de tutoriales y/o vídeo-guías con las indicaciones necesarias para realizar cada práctica.
- Tutorías grupales mediante videoconferencia, utilización de foros y correo electrónico. Se avisará a los alumnos con suficiente antelación mediante correo electrónico.
- Tutorías individuales, que se realizarán por videoconferencia o correo electrónico bajo petición.

A6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

En el caso de docencia online, la tabla de dedicación del estudiante a la asignatura será equivalente a la de la guía docente. Únicamente las actividades presenciales pasan a ser a distancia con la misma distribución de horas. Dichas actividades podrán ser síncronas o asíncronas en función de las restricciones impuestas por las autoridades competentes.

A7. Sistema y características de la evaluación

Criterio: cuando más del 50% de los días lectivos del cuatrimestre transcurran en situación de contingencia, se asumirán como criterios de evaluación los indicados en la adenda.

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Memorias y/o cuestiones sobre las prácticas de laboratorio	35% (11%: memoria práctica tema 2, 12%: memoria práctica tema 3, 12%: memoria práctica tema 4)	Un 35% de la nota final se evalúa mediante las memorias que en su caso se soliciten al finalizar cada una de las prácticas de laboratorio, al final de los temas 2, 3 y 4. La realización será de forma individual y destinada a evaluar el grado de comprensión por parte del alumno de una serie de conceptos relacionados con el uso de MatLab® en el contexto de "Procesado de Señales en Comunicaciones".
Cuestionarios sobre los temas 2, 3 y 4	65% (21%: Tema 2, 22%: Tema 3 22%: Tema 4)	Evaluación mediante cuestiones realizadas a través de la plataforma Moodle del Campus Virtual, que el alumno ha de resolver en un tiempo prefijado y que permiten evaluar el grado de comprensión de los conceptos fundamentales del temario. Estas cuestiones abarcarán los contenidos trabajados en la asignatura, teóricos y prácticos, exceptuando las prácticas de laboratorio. Se realizará un cuestionario al finalizar cada uno de los temas 2, 3 y 4.

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
 - De acuerdo con la tabla anterior.
- **Convocatoria extraordinaria:**
 - Se conservará la nota obtenida en aquellas memorias de las prácticas y en aquellos cuestionarios correspondientes a cada tema, siempre que se haya superado el 50% de su puntuación.