

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

<b>Asignatura</b>	SEÑALES ALEATORIAS Y RUIDO			
<b>Materia</b>	FUNDAMENTOS DE SEÑALES Y SISTEMAS			
<b>Módulo</b>	MATERIAS BÁSICAS DE TELECOMUNICACIONES			
<b>Titulación</b>	GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE TELECOMUNICACIÓN			
<b>Plan</b>	460 (I.T.T.) 512 (I.T.E.T)	<b>Código</b>	45008 (I.T.T.) 46608 (I.T.E.T)	
<b>Periodo de impartición</b>	2º CUATRIMESTRE	<b>Tipo/Carácter</b>	FORMACIÓN BÁSICA	
<b>Nivel/Ciclo</b>	GRADO	<b>Curso</b>	1º	
<b>Créditos ECTS</b>	6 ECTS			
<b>Lengua en que se imparte</b>	CASTELLANO			
<b>Profesor/es responsable/s</b>	MARCOS MARTÍN FERNÁNDEZ LUIS MIGUEL SAN JOSÉ REVUELTA ANTONIO TRISTÁN VEGA JUAN PABLO CASASECA DE LA HIGUERA			
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	<b>PROFESOR</b>	<b>DESPACHO</b>	<b>TFNO.</b>	<b>EMAIL</b>
	M. MARTÍN	2D021	5551	<a href="mailto:marcma@tel.uva.es">marcma@tel.uva.es</a>
	L. M. SAN JOSÉ	2D013	5543	<a href="mailto:lsanjose@tel.uva.es">lsanjose@tel.uva.es</a>
	A. TRISTÁN	2D022	3715	<a href="mailto:antonio.tristan@tel.uva.es">antonio.tristan@tel.uva.es</a>
J. P. CASASECA	2D004	5591	<a href="mailto:jcasasec@tel.uva.es">jcasasec@tel.uva.es</a>	
<b>Horario de tutorías</b>	Véase <a href="http://www.uva.es">www.uva.es</a> → Grados → Seleccionar Grado → Tutorías			
<b>Departamento</b>	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA			
<b>Fecha de revisión por el comité de título</b>	08/07/2024			

## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

### 1.1. Contextualización

Numerosos problemas dentro de la ingeniería en general, y la ingeniería en materia de telecomunicaciones, en particular, tienen que afrontarse desde una perspectiva de incertidumbre, entendiéndose por tal, una situación en la que no se controlan todos los factores que afectan al problema a resolver. Una de las herramientas que permiten extraer conclusiones en este tipo de situaciones es la teoría de la probabilidad. Así pues, en la asignatura que aquí se describe se pretende dotar al alumno de un conjunto de herramientas, de carácter matemático y basadas en la teoría mencionada, que le permitan plantear y resolver problemas que se presenten en escenarios con las características arriba indicadas, de manera que pueda llegar a resultados de carácter probabilístico.

La asignatura tendrá un planteamiento claramente incremental; a partir de nociones básicas sobre probabilidad se introducirá el concepto de variable aleatoria, inicialmente unidimensional, y se irá incrementando la dimensionalidad del problema, hasta culminar en las señales aleatorias (procesos estocásticos).

El alumno, asimismo, manejará estas cuestiones desde una perspectiva aplicada y dispondrá de una labor de laboratorio que le permitirá conectar conceptos abstractos con simulaciones de los problemas que se planteen.

### 1.2. Relación con otras materias

La asignatura se encuentra enmarcada dentro la materia “Fundamentos de Señales y Sistemas” dentro del “Bloque de Materias Básicas de Telecomunicaciones”. Consta de dos asignaturas: “Sistemas Lineales” y “Señales Aleatorias y Ruido”, ambas impartidas en el segundo cuatrimestre del primer curso. Esta materia se apoya en las competencias generales y específicas básicas fomentadas en el “Bloque de Materias Instrumentales” para facilitar la adquisición de competencias específicas en el ámbito de las señales y los sistemas.

Así, dentro del mencionado bloque, los conceptos introducidos en la materia “Matemáticas” resultan fundamentales para una correcta comprensión de la asignatura. En particular, en la asignatura “Cálculo” se introduce el cálculo diferencial e integral en una y varias variables. Estas herramientas son imprescindibles para dominar los conceptos relativos a variable aleatoria y procesos estocásticos. Por otra parte, algunos de los conceptos introducidos en “Álgebra Lineal” (matrices, determinantes, etc.) resultan también de utilidad para la asignatura.

La asignatura “Sistemas Lineales”, incluida en la misma materia que “Señales Aleatorias y Ruido” (“Fundamentos de Señales y Sistemas”) proporciona los fundamentos básicos sobre el tratamiento de señal y sus herramientas, centrándose fundamentalmente en los sistemas lineales e invariantes en el tiempo y en las operaciones en los dominios temporal y frecuencial. El conocimiento de estos fundamentos es necesario para poder caracterizar el comportamiento de los sistemas lineales e invariantes ante entradas estocásticas. Dicha caracterización se aborda en el último tema de la asignatura, sentando las bases del tratamiento conjunto de señales deterministas y aleatorias para su uso aplicado en otras asignaturas del plan de estudios.

Así, los conceptos básicos de la asignatura son necesarios para comprender los contenidos de “Teoría de la Comunicación”, incluida en el “Bloque de Materias Básicas de Telecomunicaciones” dentro de la materia “Fundamentos de Comunicaciones”. Esta asignatura proporciona las bases fundamentales sobre sistemas de comunicaciones analógicos y digitales desde el punto de vista del tratamiento de señal. Dentro de los contenidos que ésta aborda destacan (por su relación con la asignatura que nos ocupa) los fundamentos de detección y estimación estadística, además del tratamiento del ruido en comunicaciones.

### **Materias específicas del Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación**

Además, los contenidos abordados en la asignatura resultan de utilidad para comprender conceptos básicos del “Bloque de Materias Específicas de Tecnologías de Telecomunicación”: así, las asignaturas que en sus contenidos tratan la influencia del ruido en telecomunicaciones, ya sea desde el punto de vista del sistema (“Subsistemas Electrónicos de Comunicaciones”) o de los equipos (“Instrumentación y Equipos Electrónicos”) requieren conocimientos básicos sobre señales aleatorias. Por otra parte, aquellas asignaturas en las que se aborda el diseño y cálculo de radioenlaces (“Fundamentos de Transmisión por Radio”) o el diseño de sistemas de comunicaciones ópticas (“Sistemas de Comunicaciones Ópticas”) presentan los mismos requisitos, dado que en muchos casos estos diseños se harán buscando una optimización frente al ruido.

Dentro del mismo bloque específico, tienen especial interés las asignaturas incluidas en la materia “Tratamiento de Señal, Sonido e Imagen”: “Fundamentos de Sonido e Imagen”, “Tratamiento Digital de la Señal” y “Aplicaciones Audiovisuales”. En ellas se abordan desde una perspectiva procedimental y de aplicación, las técnicas fundamentales para el procesamiento de señales uni- y multi-dimensionales. Para que este procesado sea óptimo, es necesario caracterizar de forma adecuada las señales a procesar. Dicha caracterización debe hacerse en términos probabilísticos, por lo que los contenidos de “Señales Aleatorias y Ruido” resultan imprescindibles.

Finalmente, existen otras tres asignaturas para las que resulta fundamental conocer los conceptos abordados en “Señales Aleatorias y Ruido”. La asignatura “Ingeniería de Tráfico en Redes Telemáticas” aborda, entre otros contenidos, el modelado de tráfico en redes telemáticas (teoría de colas y modelos probabilísticos). Es por tanto necesario dominar la teoría de la probabilidad para su comprensión. La asignatura “Teoría de la Detección y la Estimación” revisa los conceptos básicos sobre estimación paramétrica y de variable aleatoria, además de la teoría de la detección en sí misma. Al abordarse estos conceptos en un marco probabilístico, los contenidos de la asignatura que nos ocupa resultan de utilidad. Finalmente, en la asignatura “Radiodeterminación”, al abordarse los sistemas de RADAR, resultan también fundamentales los contenidos asociados a “Señales Aleatorias y Ruido” y a “Teoría de la Estimación y Detección”.

### **Materias específicas del Grado en Ingeniería de Tecnologías Específicas de Telecomunicación**

#### **o Materias específicas de la mención en Sistemas de Telecomunicación**

Existen otra serie de asignaturas incluidas en el “Bloque de Materias específicas de Sistemas de Telecomunicación” para las que resulta de utilidad conocer los conceptos impartidos en “Señales Aleatorias y Ruido”. Por una parte, presentan relación directa aquellas asignaturas que tratan la influencia del ruido en telecomunicaciones, ya sea desde el punto de vista del sistema (“Electrónica de Comunicaciones”), de los equipos (“Sistemas Electrónicos de Medida y Control”) o de la propagación (“Transmisión por Radio”). Por otra parte, aquellas asignaturas que abordan el análisis y diseño de sistemas de comunicaciones buscando un buen comportamiento en presencia del ruido (“Comunicaciones Ópticas y Sistemas de Radiocomunicaciones”) presentan también una relación clara.

Dentro de la materia “Comunicaciones”, existen dos asignaturas íntimamente relacionadas con la que nos ocupa:

- “Radiodeterminación”, que aborda conceptos relacionados con los sistemas de RADAR. Para entenderlos, es necesario dominar la teoría de la detección y la estimación. Dicho dominio pasa por un conocimiento previo de los conceptos aprendidos en “Señales Aleatorias y Ruido”.
- “Sistemas de Transmisión”. Aborda conceptos relacionados con modulaciones digitales, codificación de canal y técnicas de espectro ensanchado. Para su correcta comprensión es necesario conocer ciertas nociones de teoría de la información, y para ello, resulta imprescindible el dominio de la teoría de la probabilidad y las variables aleatorias.

Además, todas las asignaturas vinculadas a la materia “Señales y Sistemas” se encuentran de uno u otro modo relacionadas con “Señales Aleatorias y Ruido”. Por una parte, en la asignatura “Tratamiento de Señales” se tratan los sistemas discretos, impartándose nociones de estimación espectral. La asignatura “Señales y Sistemas Audiovisuales” presenta los conceptos fundamentales de imagen, audio y video, además de las técnicas principales de procesado para este tipo de señales. La aplicación correcta de estas técnicas pasa por una caracterización correcta de las señales en términos probabilísticos. Algo parecido ocurre con la asignatura “Tratamiento de Señales Biomédicas”, en la que se presentan los conceptos fundamentales sobre procesado de imágenes y señales biomédicas. Por última, la asignatura “Tratamiento Avanzado de Señales” revisa los conceptos básicos sobre estimación paramétrica y de variable aleatoria; al abordarse estos conceptos en un marco probabilístico, los contenidos de la asignatura que nos ocupa resultan también de gran utilidad.

#### o **Materias específicas de la mención en Telemática**

Por otra parte, los contenidos abordados en la asignatura resultan de utilidad para comprender conceptos básicos del “Bloque de Materias Específicas de Telemática”. Por una parte, la asignatura “Teletráfico” aborda, entre otros contenidos, el modelado de tráfico en redes telemáticas (teoría de colas y modelos probabilísticos). Es por tanto necesario dominar la teoría de la probabilidad para su comprensión. Por otra parte, existen tres asignaturas dentro de la materia “Señales y Sistemas de Comunicaciones” para los que resulta necesario dominar ciertos conceptos impartidos en la asignatura que nos ocupa:

- “Procesado Discreto de Señales y Sistemas”. En esta asignatura se tratan los sistemas discretos, impartándose nociones de estimación espectral.
- “Redes de Transmisión por Cable e Inalámbricas”. Aborda conceptos relacionados con modulaciones digitales, codificación de canal y técnicas de espectro ensanchado. Para su correcta comprensión es necesario conocer ciertas nociones de teoría de la información, y para ello, resulta imprescindible el dominio de la teoría de la probabilidad y las variables aleatorias.
- “Sistemas de Radionavegación”. En esta asignatura se imparten conceptos relacionados con los sistemas de RADAR. Para entenderlos, es necesario dominar la teoría de la detección y la estimación. Dicho dominio pasa por un conocimiento previo de los conceptos aprendidos en “Señales Aleatorias y Ruido”.

#### o **Materias específicas de la mención en Sistemas Electrónicos**

Finalmente, existen asignaturas del bloque de “Materias Específicas de Sistemas Electrónicos” para cuya comprensión es fundamental conocer los contenidos básicos de la asignatura. Tal es el caso de asignaturas que en sus contenidos tratan la influencia del ruido en telecomunicaciones (“Circuitos de Radiofrecuencia” y “Subsistemas de Transmisores y Receptores”). Para el correcto entendimiento de los contenidos impartidos en estas asignaturas es necesario dominar los conceptos básicos sobre señales aleatorias.

### 1.3. Prerrequisitos

---

Si bien no existe formalmente ningún requisito previo para cursar esta asignatura, es altamente recomendable cursar o haber cursado las siguientes asignaturas del “Bloque de Materias Instrumentales”: “Álgebra Lineal” y “Cálculo”. Igualmente se recomienda encarecidamente haber cursado, o cursar en paralelo, la asignatura “Sistemas Lineales” del “Bloque de Materias Básicas de Telecomunicaciones”. Los contenidos impartidos en las asignaturas mencionadas resultan imprescindibles para cursar con garantías la asignatura de “Señales Aleatorias y Ruido”.

## 2. Competencias

### 2.1. Generales

- GB1. Capacidad de razonamiento, análisis y síntesis.
- GB3. Capacidad de toma de decisiones en la resolución de problemas básicos de ingeniería de telecomunicación, así como identificación y formulación de los mismos.
- 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 la ingeniería técnica de Telecomunicación.
- 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.
- 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

- B1. Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmica numérica; estadística y optimización.
- B2. Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.
- B4. Comprensión y dominio de los conceptos básicos de sistemas lineales y las funciones y transformadas relacionadas, teoría de circuitos eléctricos, circuitos electrónicos, principio físico de los semiconductores y familias lógicas, dispositivos electrónicos y fotónicos, tecnología de materiales y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

## 3. Objetivos

Objetivos conceptuales:

- Conocer y comprender los fundamentos de la Teoría de la Probabilidad y su aplicación a la resolución de problemas de telecomunicaciones.
- Conocer el concepto de variable aleatoria (uni- y multi-dimensional), sus descripciones probabilísticas y ser capaz de realizar operaciones sobre ellas.
- Conocer y comprender el concepto de proceso estocástico, su relación con las variables aleatorias, sus principales descripciones probabilísticas y saber caracterizar transformaciones sobre éstos, tanto punto a punto como mediante sistemas lineales.

Objetivos procedimentales y actitudinales:

- Lograr una capacidad para la resolución de problemas nuevos a partir de los conocimientos previos y las herramientas a su alcance (toma de decisiones).
- Adquirir una capacidad para resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico (intuición matemática).



- Lograr una capacidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como para analizar e interpretar datos.
- Escribir documentos técnicos con claridad, rigor y precisión.

#### 4. Contenidos y/o bloques temáticos

##### Bloque 1: Teoría de la Probabilidad

Carga de trabajo en créditos ECTS:

###### a. Contextualización y justificación

Este bloque consta de un único tema y proporciona al alumno el marco global en el que se va a desarrollar el resto de la asignatura, a saber, los fundamentos de la teoría de la probabilidad. Se asumirá que el alumno posee algunas ideas sobre conjuntos (si bien se empezará desde un nivel elemental) así como algunas nociones de combinatoria (permutaciones y combinaciones, fundamentalmente).

###### b. Objetivos de aprendizaje

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

- Conocer y manejar la terminología y las herramientas básicas de álgebra de conjuntos.
- Conocer y manejar la terminología y las herramientas básicas de teoría de la probabilidad.
- Resolver problemas complejos de teoría de la probabilidad.
- Exponer en público metodologías de resolución de problemas de teoría de la probabilidad.
- Programar mediante ordenador rutinas de simulación de problemas sobre teoría de la probabilidad.
- Programar mediante ordenador procedimientos de aproximación de probabilidades en sentido axiomático mediante frecuencia relativa.

###### c. Contenidos

###### TEMA 1: Teoría de la Probabilidad

- 1.1 Combinatoria
- 1.2 Álgebra de conjuntos
- 1.3 Definición de probabilidad
- 1.4 Probabilidad condicionada
- 1.5 Independencia de sucesos
- 1.6 Teoremas de la probabilidad total y de Bayes
- 1.7 Experimentos compuestos: composición de ensayos de Bernoulli

###### PRÁCTICAS DE LABORATORIO

- PRÁCTICA 1: Introducción a MATLAB
- PRÁCTICA 2: Teoría de la probabilidad

###### d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa: cuando sea posible, los principales conceptos se introducirán mediante el planteamiento de un problema previo del cual se deduzca la necesidad de nuevos elementos.
- Resolución (por parte del profesor) de problemas de enunciados previamente disponibles.
- Planteamiento de problemas y resolución de los mismos por los alumnos en grupos reducidos.



- Prácticas en laboratorio a realizar en grupo (aprendizaje colaborativo).

### e. Plan de trabajo

---

Véase el Anexo I.

### f. Evaluación

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Prueba escrita voluntaria al final del bloque 2
- Prueba escrita al final del cuatrimestre

Nótese que en ambas pruebas escritas se incluirán tanto ejercicios prácticos como preguntas sobre las prácticas de laboratorio correspondientes.

### g. Material docente

---

Véase enlace a la Plataforma Leganto de la Biblioteca de la UVA con la bibliografía recomendada:

[https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/public/34BUC\\_UVA/lists/4833915490005774?auth=SAML](https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/public/34BUC_UVA/lists/4833915490005774?auth=SAML)

#### g.1 Bibliografía básica

---

- Alberola López C., Probabilidad, variables aleatorias y procesos estocásticos: una introducción orientada a las telecomunicaciones, Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial, 2004.
- 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

---

- Papoulis A., Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, Mc-Graw Hill, 3rd Ed., New York, NY, USA, 1991.
- Peebles P., Probability, Random Variables, and Random Signal Principles, Mc-Graw Hill, 4th Ed., New York, NY, USA, 2001.
- Stark H., Woods J. W., Probability, Random Variables and Estimation Theory for Engineers, Mc-Graw Hill, 2nd Ed., New York, NY, USA, 1994.

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

---

- Web de la asignatura: <http://www.lpi.tel.uva.es/SarGrado>. Acceso a recursos (problemas, exámenes de otros años, etc.)
- Materiales audiovisuales proporcionados por el profesor para complementar algunos de los contenidos expuestos. 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* ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid

- Material bibliográfico
- Transparencias de la asignatura
- Enunciados de problemas
- Enunciado de las prácticas
- Material de ayuda para las prácticas
- Página Web de la asignatura <http://www.lpi.tel.uva.es/SarGrado>
- Material audiovisual proporcionado por el profesor en forma de video-clases grabadas

### i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
1.6	Semanas 1 a 4

## Bloque 2: Variable Aleatoria

Carga de trabajo en créditos ECTS: 

### a. Contextualización y justificación

Este bloque consta de tres temas, y se plantea con una complejidad incremental. A partir de lo aprendido en el bloque anterior se plantea en el tema 2 el concepto de variable aleatoria unidimensional, y se analiza primero el caso de las variables discretas, para pasar a extender a variables continuas y mixtas. En el tema 3 se introduce el concepto de variable bidimensional y se pone énfasis en su diferenciación con el mero tratamiento simultáneo de dos variables (independientes). El tema concluye con una pequeña incursión en la estadística, a saber, la estimación de mínimo error cuadrático medio. Se plantea así, por el elevado número de aplicaciones prácticas de este procedimiento (por ejemplo, filtrado óptimo). El tema 4 extiende las conclusiones a un número arbitrario  $N$  de variables, hecho que pavimenta el camino para introducir en el siguiente bloque el concepto de señal aleatoria (o proceso estocástico). Durante este bloque se hará uso de operaciones de cálculo elemental y avanzado (suma de series, integración en una y dos variables, variable compleja, etc.).

### b. Objetivos de aprendizaje

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

- Conocer y manejar la terminología y las herramientas básicas de variables unidimensionales.
- Conocer y manejar la terminología y las herramientas básicas de variables bidimensionales.
- Conocer y manejar la terminología y las herramientas básicas de variables  $N$ -dimensionales.
- Resolver problemas complejos sobre variables aleatorias.
- Exponer en público metodologías de resolución de problemas sobre variables aleatorias.
- Programar mediante ordenador rutinas de simulación de problemas sobre variables aleatorias.
- Programar mediante ordenador procedimientos de generación de variables aleatorias uni- y bidimensionales y de aproximación de probabilidades de sucesos definidos sobre variables aleatorias mediante frecuencia relativa.

### c. Contenidos

---

#### TEMA 2: Variable Aleatoria Unidimensional

- 2.1 Concepto
- 2.2 Caracterización de variable aleatoria
- 2.3 Variables aleatorias frecuentes
- 2.4 Funciones condicionadas
- 2.5 Caracterización parcial de variable aleatoria
- 2.6 Transformación de variable aleatoria
- 2.7 Caracterización parcial de una función de variable aleatoria

#### TEMA 3: Variable Aleatoria Bidimensional

- 3.1 Introducción, concepto e interpretación
- 3.2 Caracterización de variable aleatoria bidimensional
- 3.3 Funciones condicionadas
- 3.4 Independencia
- 3.5 Transformación de variable aleatoria bidimensional
- 3.6 Caracterización parcial de una función de dos variables aleatorias
- 3.7 Estimación de mínimo error cuadrático medio

#### TEMA 4: Variable Aleatoria N-dimensional

- 4.1 Conceptos básicos
- 4.2 Esperanzas matemáticas
- 4.3 Variables conjuntamente gaussianas
- 4.4 Variables complejas
- 4.5 Teoremas asintóticos

#### PRÁCTICAS DE LABORATORIO

- PRÁCTICA 3: Variable aleatoria 1D
- PRÁCTICA 4: Variable aleatoria 2D

### d. Métodos docentes

---

- Clase magistral participativa: cuando sea posible, los principales conceptos se introducirán mediante el planteamiento de un problema previo del cual se deduzca la necesidad de nuevos elementos.
- Resolución (por parte del profesor) de problemas de enunciados previamente disponibles.
- Planteamiento de problemas y resolución de los mismos por los alumnos en grupos reducidos.
- Prácticas en laboratorio a realizar en grupo (aprendizaje colaborativo).

### e. Plan de trabajo

---

Véase el Anexo I.

### f. Evaluación

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Prueba escrita voluntaria al final del bloque
- Prueba escrita al final del cuatrimestre

Nótese que en ambas pruebas escritas se incluirán tanto ejercicios prácticos como preguntas sobre las prácticas de laboratorio correspondientes.

---

## g. Material docente

Véase enlace a la Plataforma Leganto de la Biblioteca de la UVA con la bibliografía recomendada:

[https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/public/34BUC\\_UVA/lists/4833915490005774?auth=SAML](https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/public/34BUC_UVA/lists/4833915490005774?auth=SAML)

---

### g.1 Bibliografía básica

- Alberola López C., Probabilidad, variables aleatorias y procesos estocásticos: una introducción orientada a las telecomunicaciones, Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial, 2004.
- 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

- Papoulis A., Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, Mc-Graw Hill, 3rd Ed., New York, NY, USA, 1991.
- Peebles P., Probability, Random Variables, and Random Signal Principles, Mc-Graw Hill, 4th Ed., New York, NY, USA, 2001.
- Stark H., Woods J. W., Probability, Random Variables and Estimation Theory for Engineers, Mc-Graw Hill, 2nd Ed., New York, NY, USA, 1994.

---

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

- Web de la asignatura: <http://www.lpi.tel.uva.es/SarGrado>. Acceso a recursos (problemas, exámenes de otros años, etc.)
- Materiales audiovisuales proporcionados por el profesor para complementar algunos de los contenidos expuestos. 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* ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid
- Material bibliográfico
- Transparencias de la asignatura
- Enunciados de problemas
- Enunciado de las prácticas
- Material de ayuda para las prácticas
- Página Web de la asignatura <http://www.lpi.tel.uva.es/SarGrado>
- Material audiovisual proporcionado por el profesor en forma de video-clases grabadas

---

## i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
3.2	Semanas 4 a 12

**Bloque 3: Procesos Estocásticos**Carga de trabajo en créditos ECTS: **a. Contextualización y justificación**

El tercer bloque, y último de la asignatura, consta de un único tema, el cual se dedica a las señales aleatorias (o procesos estocásticos, término intercambiable). Este tema puede considerarse dividido en dos bloques lógicos. El primero de ellos que abarca los tres primeros puntos del apartado "Contenidos" es una extensión natural de lo visto en el tema 4, si bien en este caso las variables aleatorias proceden de las señales aleatorias que se manejen; así pues, deben venir acompañadas de un índice temporal, bien de tiempo continuo, o bien de tiempo discreto. La segunda parte, que comienza en el punto 4 y concluye con el tema, hace uso de la dimensión temporal del proceso estocástico, lo cual constituye la principal novedad del tema. El apartado de ergodicidad conecta los conceptos probabilísticos con los promedios temporales y trata de proporcionar al alumno un nexo con conceptos más tangibles en la práctica diaria. Los últimos dos puntos están íntimamente ligados con la otra asignatura que constituye la materia "Fundamentos de Señales y Sistemas", esto es con "Sistemas Lineales".

**b. Objetivos de aprendizaje**

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

- Conocer y manejar la terminología y las herramientas básicas para la caracterización de procesos estocásticos.
- Resolver problemas complejos sobre señales aleatorias que atraviesan sistemas lineales, así como sobre ruido en sistemas de comunicaciones.
- Exponer en público metodologías de resolución de problemas sobre procesos estocásticos.
- Programar mediante ordenador rutinas de simulación de problemas sobre señales aleatorias.
- Programar mediante ordenador procedimientos de generación de procesos estocásticos y aproximación de probabilidades de sucesos definidos a partir de señales aleatorias, mediante frecuencia relativa.

**c. Contenidos****TEMA 5: Procesos Estocásticos**

- 5.1 Concepto de proceso estocástico. Clasificación
- 5.2 Funciones de distribución y densidad
- 5.3 Caracterización parcial de procesos estocásticos. Ruido blanco
- 5.4 Estacionariedad
- 5.5 Ergodicidad
- 5.6 Densidad espectral de potencia
- 5.7 Sistemas lineales con entradas estocásticas

**PRÁCTICAS DE LABORATORIO**

- PRÁCTICA 5: Procesos estocásticos

---

**d. Métodos docentes**

---

- Clase magistral participativa: cuando sea posible, los principales conceptos se introducirán mediante el planteamiento de un problema previo del cual se deduzca la necesidad de nuevos elementos.
- Resolución (por parte del profesor) de problemas de enunciados previamente disponibles.
- Planteamiento de problemas y resolución de los mismos por los alumnos en grupos reducidos.
- Prácticas en laboratorio a realizar en grupo (aprendizaje colaborativo).

---

**e. Plan de trabajo**

---

Véase el Anexo I.

---

**f. Evaluación**

---

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en:

- Prueba escrita al final del cuatrimestre

Nótese que en la prueba se incluirán tanto ejercicios prácticos como preguntas sobre la práctica de laboratorio correspondiente.

---

**g. Material docente**

---

Véase enlace a la Plataforma Leganto de la Biblioteca de la UVA con la bibliografía recomendada:

[https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/public/34BUC\\_UVA/lists/4833915490005774?auth=SAML](https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/public/34BUC_UVA/lists/4833915490005774?auth=SAML)

---

**g.1 Bibliografía básica**

---

- Alberola López C., Probabilidad, variables aleatorias y procesos estocásticos: una introducción orientada a las telecomunicaciones, Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial, 2004.
- 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**

---

- Papoulis A., Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, Mc-Graw Hill, 3rd Ed., New York, NY, USA, 1991.
- Peebles P., Probability, Random Variables, and Random Signal Principles, Mc-Graw Hill, 4th Ed., New York, NY, USA, 2001.
- Stark H., Woods J. W., Probability, Random Variables and Estimation Theory for Engineers, Mc-Graw Hill, 2nd Ed., New York, NY, USA, 1994.

---

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

---

- Web de la asignatura: <http://www.lpi.tel.uva.es/SarGrado>. Acceso a recursos (problemas, exámenes de otros años, etc.)
- Materiales audiovisuales proporcionados por el profesor para complementar algunos de los contenidos expuestos. 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* ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid
- Material bibliográfico
- Transparencias de la asignatura
- Enunciados de problemas
- Enunciado de las prácticas
- Material de ayuda para las prácticas
- Página Web de la asignatura <http://www.lpi.tel.uva.es/SarGrado>
- Material audiovisual proporcionado por el profesor en forma de video-clases grabadas

## i. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
1.2	Semanas 13 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 y uso de herramientas informáticas como hojas de cálculo.
- 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 <sup>(1)</sup>	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teórico-prácticas (T/M)	30	Estudio y trabajo autónomo individual	75
Clases prácticas de aula (A)	10	Estudio y trabajo autónomo grupal	15
Laboratorios (L)	10		
Prácticas externas, clínicas o de campo	0		
Seminarios (S)	10		
Tutorías grupales (TG)	0		
Evaluación (fuera periodo oficial de exámenes)	0		
<b>Total presencial</b>	<b>60</b>	<b>Total no presencial</b>	<b>90</b>

(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

Cada una de las pruebas abarcará contenidos generales del bloque correspondiente, incluyendo el laboratorio.

	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Prueba escrita al final del bloque 2	Hasta un 65%	Ver tabla de criterios de calificación para el cálculo de la nota final
Prueba final escrita	35% (o hasta 100% en función del resultado obtenido en la prueba anterior)	Ver tabla de criterios de calificación para el cálculo de la nota final
Total	100%	Ver tabla de criterios de calificación para el cálculo de la nota final

### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

#### Convocatoria ordinaria:

- Nota Final: Nota procedente de pruebas escritas al final del bloque 2 (voluntaria) y al final del cuatrimestre (obligatoria): NPE (máximo, 10 puntos):
  - Prueba escrita voluntaria al final del bloque 2:
    - Nota problema 1: NPV1 (máximo 3 puntos)
    - Nota problema 2: NPV2 (máximo 3.5 puntos)
  - Prueba escrita al final de cuatrimestre:
    - Nota problema 1: NPF1 (máximo 3 puntos)
    - Nota problema 2: NPF2 (máximo 3.5 puntos)
    - Nota problema 3: NPF3 (máximo 3.5 puntos)
  - $NPE = \text{Max}(NPV1, NPF1) + \text{Max}(NPV2, NPF2) + NPF3$

#### Convocatoria extraordinaria:

La convocatoria extraordinaria consistirá en la realización de una prueba final escrita similar a la realizada al término del cuatrimestre. El peso de esta prueba en la nota final será de un 35% (o hasta un 100% en función de los resultados obtenidos en la prueba realizada al final del bloque 2).

La evaluación en la convocatoria extraordinaria fin de carrera se basará en un examen escrito sobre 100% de la nota.

#### Aclaraciones adicionales:

- Debe cumplirse que  $NPF3 \geq 1$ . En caso contrario, NPF3 será 0.
- NPF1, NPF2 y NPF3 hacen referencia a la nota de los problemas/cuestiones de la prueba correspondiente a la convocatoria en la cual se calcula la nota (convocatoria ordinaria o extraordinaria). Como se indica más arriba, dichos problemas/cuestiones abarcarán contenidos generales del bloque correspondiente, incluyendo las prácticas de laboratorio correspondientes.
- Si un/a alumno/a no se presenta en la prueba escrita al final de cuatrimestre en una convocatoria, se dará por no presentado en dicha convocatoria, incluso cuando  $NPV1 + NPV2 \geq 5$ .
- Los alumnos que no superen la asignatura en primera convocatoria podrán presentarse a la prueba escrita correspondiente a la convocatoria extraordinaria, conservando las notas NPV1 y NPV2 que tenían en la ordinaria (pero NO se conservarán NPF1, NPF2 o NPF3).



## 8. Consideraciones finales

- El Anexo I (plan de trabajo) mencionado en la guía, donde se describe la planificación detallada, se entregará al comienzo de la asignatura.
- Las referencias a semanas de impartición descritas en la guía están pendientes de confirmación y podrán variar en función del desarrollo del cuatrimestre.

