



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros de
Telecomunicacion

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

95000016 - Señales Aleatorias

PLAN DE ESTUDIOS

09TT - Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicacion

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	6
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	14

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	95000016 - Señales Aleatorias
No de créditos	4.5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Segundo curso
Semestre	Tercer semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Inglés/Castellano
Titulación	09TT - Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicacion
Centro responsable de la titulación	09 - Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Telecomunicacion
Curso académico	2020-21

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Jose Luis Blanco Murillo	C-329	jl.blanco@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico
Eduardo Lopez Gonzalo	C-330	eduardo.lopez@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico

Mariano Garcia Otero (Coordinador/a)	C-327	mariano.garciao@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico
Juan Parras Moral	C-303	j.parras@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Algebra
- Calculo
- Analisis Vectorial

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Esta asignatura debe cursarse simultáneamente con Señales y Sistemas.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CECT4 - Capacidad de analizar y especificar los parámetros fundamentales de un sistema de comunicaciones

CECT5 - Capacidad para evaluar las ventajas e inconvenientes de diferentes alternativas tecnológicas de despliegue o implementación de sistemas de comunicaciones, desde el punto de vista del espacio de la señal, las perturbaciones y el ruido y los sistemas de modulación analógica y digital

CG1 - Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio

CG2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio

CG5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

4.2. Resultados del aprendizaje

RA540 - Capacidad de aplicar las herramientas previamente adquiridas al análisis de señales presentes en sistemas de comunicaciones

RA536 - Conocimiento de herramientas matemáticas básicas de teoría de la probabilidad para analizar experimentos aleatorios.

RA53 - Comprensión y dominio de caracterización y descripción de las señales deterministas y aleatorias y su aplicación a la codificación de voz, datos, audio y vídeo y a la caracterización de las perturbaciones y del ruido.

RA538 - Conocimientos sobre el modelado matemático de señales aleatorias.

RA539 - Conocimiento del efecto de aplicar transformaciones a señales aleatorias, con especial énfasis en el caso lineal.

RA537 - Conocimiento y dominio de conceptos sobre variables aleatorias y sus descripciones probabilísticas.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura proporciona instrumentos básicos para el estudio de fenómenos aleatorios (esto es, de resultado no conocido "a priori"); tales fenómenos constituyen el modelo para la mayoría de los entornos en los que está presente algún tipo de intercambio de información (comunicación), un vehículo (señal eléctrica) portador de ésta o una perturbación de la misma. Su contenido se estructura en tres partes:

- En primer lugar se procede a un repaso general de la Teoría de la Probabilidad, introduciendo el concepto axiomático de probabilidad y sus teoremas fundamentales.
- A continuación, se establece la idea de Variable Aleatoria como función numérica de resultado de un experimento aleatorio y se procede a su caracterización probabilística para los casos uni y multidimensional.

- Por último, los Procesos Estocásticos aparecen como secuencias de variables aleatorias o familias de funciones temporales dependientes del resultado de un experimento aleatorio, cuyo estudio viene motivado por su aplicación al modelado de señales en comunicaciones. Se realiza especial énfasis en el filtrado lineal de procesos estacionarios.

This course provides basic tools for the study of random experiments, in which the outcome of any given trial is not known "a priori"; random experiments play a fundamental role to model the concept of information exchange (communication), and also to study both information-carrying signals and noises in communication systems. The contents of the course are structured in three parts:

- First, we undertake a general review of the Probability Theory, introducing the axiomatic concept of probability and presenting some key theorems of this theory.
- Next, the concept of Random Variable is defined as a numerical function of the outcome of a random experiment and probabilistic descriptions are obtained for the cases of one and multiple random variables.
- Finally, Stochastic Processes are defined as sequences of random variables or families of time functions depending on the outcomes of a random experiment; stochastic processes are used as models of communication signals. Special emphasis is placed on the topic of linear filtering of stationary processes.

Syllabus:

1. Probability Theory
2. One-dimensional Random Variables
3. Multidimensional Random Variables
4. Random Signals and Sequences

5.2. Temario de la asignatura

1. Teoría de la Probabilidad
 - 1.1. Concepto de probabilidad. Espacio de probabilidad.
 - 1.2. Probabilidad condicional y sucesos independientes. Teorema de la probabilidad total. Teorema de Bayes.
 - 1.3. Experimentos compuestos. Ensayos de Bernoulli.
2. Variables Aleatorias Unidimensionales
 - 2.1. Concepto de variable aleatoria. Clasificación.
 - 2.2. Funciones de distribución y densidad.
 - 2.3. Media y varianza. Momentos.
 - 2.4. Función de una variable aleatoria.
3. Variables Aleatorias Multidimensionales
 - 3.1. Concepto. Representación vectorial. Caso bidimensional.
 - 3.2. Funciones de distribución y densidad.
 - 3.3. Distribuciones condicionales. Independencia.
 - 3.4. Esperanzas matemáticas. Momentos conjuntos. Incorrelación y ortogonalidad.
 - 3.5. Funciones de variables aleatorias.
 - 3.6. Secuencias de variables aleatorias. Teoremas asintóticos.
4. Señales y Secuencias Aleatorias
 - 4.1. Concepto de proceso aleatorio. Clasificación.
 - 4.2. Estadísticos y funciones de correlación.
 - 4.3. Procesos gaussianos.
 - 4.4. Estacionariedad.
 - 4.5. Espectros de potencia. Ruido blanco.
 - 4.6. Sistemas lineales con entradas aleatorias.

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p>Presentación de la asignatura Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 1.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<p>Presentación de la asignatura Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 1.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	
2	<p>Temas 1.2 y 1.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>Temas 1.2 y 1.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
3	<p>Temas 2.1 y 2.2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>Temas 2.1 y 2.2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
4	<p>Tema 2.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>Tema 2.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p>Trabajo individual obligatorio TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:00</p>
5	<p>Tema 2.4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>Tema 2.4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
6	<p>Temas 3.1 y 3.2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>Temas 3.1 y 3.2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	

7	<p>Temas 3.3 y 3.4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>Temas 3.3 y 3.4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
8	<p>Tema 3.5 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>Tema 3.5 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p>Trabajo en grupo voluntario TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00</p>
9	<p>Tema 3.6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>Tema 3.6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
10	<p>Tema 4.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>Tema 4.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
11	<p>Temas 4.2 y 4.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>Temas 4.2 y 4.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	<p>1ª prueba parcial (temas 1, 2 y 3) EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p>
12	<p>Temas 4.4 y 4.5 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>Temas 4.4 y 4.5 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
13	<p>Tema 4.6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>Tema 4.6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Ejercicios Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>	
14				
15				
16				
				<p>2ª prueba parcial (tema 4) EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 01:00</p> <p>Examen final. Tiene dos partes con nota mínima de 3,5 puntos en cada una EX: Técnica del tipo Examen Escrito</p>

17				Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 02:00 Trabajo individual obligatorio TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 00:00
----	--	--	--	---

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
4	Trabajo individual obligatorio	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	10%	3.5 / 10	CG2 CECT4 CECT5 CG5 CG1
8	Trabajo en grupo voluntario	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	%	5 / 10	CG2 CECT4 CECT5 CG5 CG1
11	1ª prueba parcial (temas 1, 2 y 3)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	45%	3.5 / 10	CG2 CECT4 CECT5 CG5 CG1
17	2ª prueba parcial (tema 4)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	45%	3.5 / 10	CG2 CECT4 CECT5 CG5 CG1

7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final. Tiene dos partes con nota mínima de 3,5 puntos en cada una	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	90%	5 / 10	CECT4 CECT5 CG2 CG5 CG1
17	Trabajo individual obligatorio	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	10%	3.5 / 10	CECT4 CECT5 CG2 CG5 CG1

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final. Tiene dos partes con nota mínima de 3,5 puntos en cada una	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	90%	5 / 10	CECT4 CECT5 CG2 CG5 CG1
Trabajo individual obligatorio	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Presencial	00:00	10%	3.5 / 10	CECT4 CECT5 CG2 CG5 CG1

7.2. Criterios de evaluación

Los estudiantes serán evaluados, por defecto, mediante evaluación continua. El estudiante que desee renunciar a la evaluación continua y optar a la evaluación por prueba final (formada por una o más actividades de evaluación global de la asignatura), deberá completar en el Moodle de la asignatura la tarea titulada "Renuncia a la evaluación continua" antes de que transcurran 8 semanas desde la fecha de inicio del curso (la fecha concreta se anunciará en el Moodle).

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura. Por tanto, la evaluación mediante prueba final usará los mismos tipos de técnicas evaluativas que se usan en la evaluación continua (EX, ET, TG, etc.), y se realizarán en las fechas y horas de evaluación final aprobadas por la Junta de Escuela para el presente curso y semestre, salvo aquellas actividades de evaluación de resultados del aprendizaje de difícil calificación en una prueba final. En este caso, se podrán realizar dichas actividades de evaluación a lo largo del curso.

La evaluación en la convocatoria extraordinaria se realizará exclusivamente a través del sistema de prueba final.

Convocatoria ordinaria

Evaluación continua:

La calificación de la asignatura para estos alumnos se obtendrá del siguiente modo:

- 45% de la nota del primer parcial + 45% de la nota del segundo parcial + 10% de la nota del trabajo

individual.

El trabajo individual es obligatorio y se entregará antes del final de la 4ª semana del curso.

Existe, además, la posibilidad de realizar un trabajo en grupo voluntario, que se entregará antes del final de la 8ª semana del curso y se expondrá públicamente en clase en la fecha que el profesor decida. Su evaluación se realizará a través de la documentación entregada y la exposición. Si el alumno ha asistido al menos al 75% de las clases de la asignatura y la nota del trabajo en grupo es mayor o igual que 5 puntos, el 10 % de dicha nota se añadirá a la calificación de la asignatura.

La segunda prueba parcial se realizará en la fecha oficial del examen final de la asignatura. Ese mismo día habrá también un examen de recuperación del primer parcial; presentarse a este examen supone renunciar a la nota que se obtuvo en el primer parcial.

Requisitos para aprobar:

- Entregar el trabajo individual y que sea calificado con al menos 3,5 puntos (sobre 10).
- Obtener al menos 3,5 puntos (sobre 10) en cada prueba parcial.
- Obtener una nota final mayor o igual que 5 puntos (sobre 10).

Evaluación por prueba final:

La calificación de la asignatura para los alumnos que renuncien a la evaluación continua se obtendrá del siguiente modo:

- 90% de la nota del examen final + 10% de la nota del trabajo individual.

El trabajo individual se entregará antes de la fecha oficial del examen final de la asignatura y se evaluará a través de la documentación entregada.

El examen final constará de dos partes, que cubren los temas correspondiente a los dos parciales de la evaluación continua.

Requisitos para aprobar:

- Entregar el trabajo individual y que sea calificado con al menos 3,5 puntos (sobre 10).
- Obtener al menos 3,5 puntos (sobre 10) en cada parte del examen final.
- Obtener una nota final mayor o igual que 5 puntos (sobre 10).

Convocatoria extraordinaria:

Se emplearán los mismos criterios que en la evaluación por prueba final de la convocatoria ordinaria.

No es necesario volver a presentar el trabajo individual si obtuvo una calificación de al menos 3,5 puntos (sobre 10) en la convocatoria ordinaria.

Students will be qualified through continuous evaluation by default. According to the Normativa de Evaluación del Aprendizaje de la Universidad Politécnica de Madrid, students willing to renounce to continuous evaluation must complete the Moodle task entitled "Renounce to continuous evaluation" within 8 weeks from the start date of the course (deadline will be announced in Moodle).

Evaluation will assess if students have acquired all the competences of the subject. Thus, evaluation through final assessment will be carried out considering all the evaluation techniques used in continuous evaluation (EX, ET, TG, etc.), and will be celebrated in the exam period approved by Junta de Escuela for the current academic semester and year. Evaluation activities that assess learning outcomes that cannot be evaluated through a single exam can be carried out along the semester.

Extraordinary examination will be carried out exclusively by the final assessment method.

Continuous assessment:

The final grade of the course will be computed as:

- 45% of the grade of the first midterm exam + 45% of the grade of the second midterm exam + 10% of the individual assignment grade.

The individual assignment is compulsory and is due on the 4th week of the course.

There is also an optional group project. It is due on the 8th week of the course and will be presented in class on the date the teacher decides. The evaluation will take into account the submitted documentation and the public presentation. If the student attended at least 75% of the classes and the grade of the group project is at least 5 points, 10% of this grade will be added to the final grade of the course.

The second midterm exam will take place on the official date of the final exam of the course. That same day, a

second-chance first-midterm exam will also be held; the grade of this exam always replaces the grade previously attained.

Requirements to pass the course:

- Submit the individual assignment and get a minimum grade of 3.5 points (out of 10).
- Minimum grade of 3.5 points (out of 10) in every midterm exam.
- Minimum final grade of 5 points (out of 10).

Final assessment:

The final grade of the course will be computed as:

- 90% of the grade of the final exam + 10% of the individual assignment.

The individual assignment will be submitted before the official date of the final exam and its evaluation will take into account the submitted documentation.

The final exam will consist of two parts, which cover the topics corresponding to the two midterm exams of the continuous assessment.

Requirements to pass the course:

- Minimum grade of 3.5 points (out of 10) in the individual assignment.
- Minimum grade of 3.5 points (out of 10) in every part of the final exam.
- Minimum final grade of 5 points (out of 10).

Extraordinary examination:

The same criteria will be used as in the evaluation through final assessment.

It is not necessary to resubmit the individual assignment if it previously attained a grade of at least 3.5 points (out of 10).

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Principios de Probabilidad, Variables Aleatorias y Señales Aleatorias, 4ª ed. Peyton Z. Peebles, Jr. Mc graw-Hill, 2006.	Bibliografía	Texto
Probability, Random Variables, and Random Processes, 3ª ed. Hwei Hsu. McGraw Hill, 2014.	Bibliografía	Problemas
Intuitive Probability and Random Processes Using MATLAB. Steven M. Kay. Springer, 2006. (http://www.ele.uri.edu/faculty/kay.html)	Bibliografía	Consulta (trabajos)
Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, 4ª ed. A. Papoulis y S. U. Pillai. McGraw-Hill, 2002.	Bibliografía	Consulta
Probability, Random Signals and Statistics. X. Rong Li. CRC Press, 1999.	Bibliografía	Consulta
Probabilidad, Variables Aleatorias y Procesos Estocásticos. C. Alberola López. Universidad de Valladolid, 2004.	Bibliografía	Consulta
Probability, Statistics, and Random Processes for Electrical Engineering, 3ª ed. Alberto Leon-Garcia. Prentice Hall, 2008.	Bibliografía	Consulta

Probability and Random Processes with Applications. S. L. Miller y D. G. Childers. Elsevier, 2004	Bibliografía	Consulta
Probability and Stochastic Processes. R. D. Yates y D. J. Goodman. John Wiley&Sons, 2005.	Bibliografía	Consulta