



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 Ingenieria De Tecnologias Y Servicios De Telecomunicacion

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - 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.....	17
9. Otra información.....	18

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	95000016 - Señales Aleatorias
<b>No de créditos</b>	4.5 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Segundo curso
<b>Semestre</b>	Tercer semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Inglés/Castellano
<b>Titulación</b>	09TT - Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicacion
<b>Centro responsable de la titulación</b>	09 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Telecomunicacion
<b>Curso académico</b>	2023-24

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

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

Mariano Garcia Otero	C-327	mariano.garciao@upm.es	Sin horario. Concertar cita por correo electrónico
Juan Parras Moral (Coordinador/a)	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 en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p><b>Presentación de la asignatura</b> Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 1.1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
2	<p><b>Temas 1.2 y 1.3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
3	<p><b>Tema 2.1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
4	<p><b>Tema 2.2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
5	<p><b>Tema 2.3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
6	<p><b>Tema 2.4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			



7	<p><b>Temas 3.1 y 3.2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
8	<p><b>Temas 3.3 y 3.4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
9	<p><b>Tema 3.5</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Trabajo individual obligatorio</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua No presencial Duración: 00:00</p>
10	<p><b>Tema 3.6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
11	<p><b>Tema 4.1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
12	<p><b>Temas 4.2 y 4.3</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
13	<p><b>Temas 4.4 y 4.5</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			<p><b>Trabajo en grupo voluntario</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00</p>
14	<p><b>Tema 4.6</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Ejercicios</b> Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			

15				
16				
17				<p><b>Examen final. Tiene tres partes con nota mínima de 3,5 puntos en cada una. Parte 1: Teoría Parte 2: Problemas Temas 1, 2, 3. Parte 3: Problemas Tema 4</b></p> <p>EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua y sólo prueba final Presencial Duración: 02:30</p> <p><b>Trabajo individual obligatorio</b></p> <p>TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 00:00</p>

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 (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
9	Trabajo individual obligatorio	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	10%	3.5 / 10	CECT4 CECT5 CG1 CG2 CG5
13	Trabajo en grupo voluntario	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	10%	5 / 10	CECT4 CECT5 CG1 CG2 CG5
17	Examen final. Tiene tres partes con nota mínima de 3,5 puntos en cada una. Parte 1: Teoría Parte 2: Problemas Temas 1, 2, 3. Parte 3: Problemas Tema 4	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:30	90%	5 / 10	CECT4 CECT5 CG1 CG2 CG5

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final. Tiene tres partes con nota mínima de 3,5 puntos en cada una. Parte 1: Teoría Parte 2: Problemas Temas 1, 2, 3. Parte 3: Problemas Tema 4	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:30	90%	5 / 10	CECT4 CECT5 CG1 CG2 CG5
17	Trabajo individual obligatorio	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	00:00	10%	3.5 / 10	CECT4 CECT5 CG1 CG2 CG5

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen final. Tiene tres partes con nota mínima de 3,5 puntos en cada una. Parte 1: Teoría Parte 2: Problemas Temas 1, 2, 3. Parte 3: Problemas Tema 4	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:30	90%	5 / 10	CECT4 CECT5 CG1 CG2 CG5
Trabajo individual obligatorio	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:00	10%	3.5 / 10	CECT4 CECT5 CG1 CG2 CG5

## 7.2. Criterios de evaluación

### Evaluación progresiva:

La calificación de la asignatura se obtendrá del siguiente modo:

- 90% de la nota del examen + 10% de la nota del trabajo individual obligatorio + 10% de la nota del trabajo en grupo voluntario (requiere asistencia a clase).

El trabajo individual es obligatorio y se evaluará a través de la documentación entregada.

El trabajo en grupo es voluntario y puede realizarse en dos modalidades diferentes (detallado más adelante). 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.

El examen se realizará en la fecha oficial del examen final de la asignatura y constará de tres partes:

- Un examen de teoría tipo test que cubrirá los temas 1, 2, 3 y 4, que contará con un peso del 20% sobre el total del examen.
- Un examen de problemas que cubrirá los temas 1, 2 y 3, que contará con un peso del 40% sobre el total del examen.

- Un examen de problemas que cubrirá el tema 4, que contará con un peso del 40% sobre el total del examen.

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 (teoría, problemas de los temas 1, 2 y 3, y problemas del tema 4).
- Obtener una nota final mayor o igual que 5 puntos (sobre 10).

### **Prueba de evaluación global:**

Los alumnos que no superen la evaluación progresiva pueden optar por una prueba de evaluación global cuya calificación se obtiene 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 tres partes:

- Un examen de teoría tipo test que cubrirá los temas 1, 2, 3 y 4, que contará con un peso del 20% sobre el total del examen.
- Un examen de problemas que cubrirá los temas 1, 2 y 3, que contará con un peso del 40% sobre el total del examen.
- Un examen de problemas que cubrirá el tema 4, que contará con un peso del 40% sobre el total del examen.

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:**

La evaluación comprobará si los estudiantes han adquirido las competencias de la asignatura. Por tanto, la evaluación en la convocatoria extraordinaria usará los mismos tipos de técnicas evaluativas que se usan en la evaluación de la convocatoria ordinaria (EX, ET, TG, etc.).

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

El trabajo individual se considera bloque liberado para la convocatoria extraordinaria de ese mismo curso (pero no entre cursos). Por tanto, no es necesario volver a presentar el trabajo individual si se obtuvo una calificación de al menos 3,5 puntos (sobre 10) en la convocatoria ordinaria.

### **Fraude académico:**

Cualquier evaluación o entrega realizada podrá requerir una evaluación oral complementaria por parte del profesor para validar que se ha realizado por el alumno sin ayuda. De acuerdo con la normativa de evaluación de la UPM, ante la comprobación de fraude académico en una prueba de evaluación, se calificará con la puntuación de cero al estudiante o estudiantes implicados en la calificación final de la convocatoria correspondiente a la celebración de la prueba (ordinaria o extraordinaria).

### **Trabajo en grupo voluntario**

El trabajo en grupo voluntario puede realizarse en dos modalidades diferentes:

- Elección de un tema relacionado con las comunicaciones. El profesor propondrá varios temas posibles a escoger a los grupos, que estarán formados por un máximo de 3 estudiantes. El trabajo 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.
- Trabajo en grupo basado en un reto: Los alumnos podrán solicitar la realización del trabajo en grupo en la modalidad de reto en finanzas cuantitativas.

En caso de elegir el reto, la temática podrá incluir:

1. Cuantificación de patrones en los principales indicadores de los mercados.
2. Cuantificación de patrones en el valor de mercado.
3. Cuantificación de la estacionalidad en los principales indicadores de los mercados.

#### 4. Cuantificación de los patrones intra- e interdía, volatilidad, etc.

Podrán solicitarlo, en grupo o individualmente, al profesor responsable del grupo. En este segundo caso, los profesores serán los encargados de formar los grupos. En ambos escenarios los grupos estarán formados por entre 3 y 5 estudiantes, y los estudiantes deberán cumplir los requisitos para poder desarrollar el trabajo en grupo. El enunciado del reto se publicará al inicio del curso, incluyendo un calendario que será acorde al del resto de la asignatura. El desarrollo del reto se dividirá en cuatro fases:

1. Investigación: estudio del enunciado del reto e investigación sobre posibles soluciones. Los alumnos deberán informarse y formular preguntas que les permitan comprender la dimensión del reto y aproximarse a una posible solución.
2. Desarrollo del reto: los alumnos desarrollarán en equipo pequeñas actividades conducentes a identificar la solución más adecuada al problema, todas ellas a propuesta del profesor a la vista de las etapas anteriores.
3. Comprobación y validación: se contrastarán los resultados obtenidos y la solución elegida en entornos reales.
4. Elaboración de la memoria y/o exposición: se compartirán los resultados a través de una memoria de trabajo y/o una exposición, que en su caso podrá realizarse a través de un video.

El seguimiento de las fases de la actividad se desarrollará en sesiones de tutoría con los profesores designados a tal fin. La evaluación se desarrollará de forma coordinada entre el/los profesores y los participantes en los equipos. Los docentes realizarán una evaluación continua del desempeño y de la consecución de los objetivos marcados durante el desarrollo del reto para cada estudiante. Asimismo, tras completar el reto, los estudiantes realizarán una autoevaluación y una evaluación cruzada. El peso del ejercicio en la calificación será el mismo del asignado al trabajo en grupo.

Independientemente de la modalidad, 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.

---

### **Progressive assessment:**

The final grade of the course will be computed as:

- 90% of the exam mark + 10% of the compulsory individual assignment mark + 10% of the optional group project mark (requires class attendance).

The individual assignment is compulsory, and its evaluation will take into account the submitted documentation.

The group project is optional and can be done in two modalities (see below). If the student attended at least 75% of the classes and the project mark is at least 5 points, 10% of this mark will be added to the final grade of the course.

The exam will take place on the official date of the final exam of the course, and it will consist of three parts:

- A test exam that covers the theory of topics 1, 2, 3 and 4, which will be the 20% of the exam.
- A problem exam that covers topics 1, 2 and 3, which will be the 40% of the exam.
- A problem exam that covers topic 4, which will be the 40% of the exam.

Requirements to pass the course:

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

### **Global assessment test:**

Students who do not pass the progressive assessment may opt for a global assessment test, whose grade is obtained as:

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

The individual assignment must 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 three parts:

- A test exam that covers the theory of topics 1, 2, 3 and 4, which will be the 20% of the exam.
- A problem exam that covers topics 1, 2 and 3, which will be the 40% of the exam.
- A problem exam that covers topic 4, which will be the 40% of the exam.

Requirements to pass the course:

- Submit the individual assignment and achieve a minimum mark of 3.5 points (out of 10).
- Achieve a minimum mark of 3.5 points (out of 10) in every part of the final exam.
- Achieve a minimum final grade of 5 points (out of 10).



## Extraordinary examination:

Evaluation will assess if students have acquired all the competences of the subject. Thus, evaluation through extraordinary examination will be carried out considering all the evaluation techniques used in ordinary examination (EX, ET, TG, etc.).

The same criteria will be used as in the global assessment test.

The individual assignment can be freed for the extraordinary examination within a course year (but not for a different course year). Thus, it is not necessary to resubmit the individual assignment if it previously achieved a minimum mark of 3.5 points (out of 10).

## Academic fraud:

Any assessment or report may require a complementary oral assessment by the professor in order to validate that the task has been done by the student without help. According to the current assessment norms at UPM, if academic fraud is detected on any assessment, the student(s) will receive a grade of zero in the final grade of the examination to which the assessment belonged (ordinary or extraordinary).

## Optional group project

The optional group project can be carried out in two different modalities:

- Choice of a topic related to communications. The teacher will propose several possible topics to be chosen by the groups, which will be composed by 3 students at most. The project will be presented in class on the date that the teacher decides. Its evaluation will take into account the submitted documentation and the public presentation.
- Group project based on a challenge: Students may request the completion of a group project in the form of a challenge in quantitative finance.

In case of choosing the challenge, the topics may include:

1. Quantification of patterns in leading market indicators.

2. Quantification of patterns in market value.
3. Quantification of seasonality in the main market indicators.
4. Quantification of intra- and inter-day patterns, volatility, etc.

Students may request the challenge as a group or individually to the teacher responsible for the group. In the latter case, the teachers will be in charge of forming the groups. In both scenarios, the groups will be formed by between 3 and 5 students, and the students must meet the requirements to be able to develop the group work. The challenge statement will be published at the beginning of the course, including a calendar that will be in accordance with the rest of the course. The development of the challenge will be divided into four phases:

1. Research: study of the challenge statement and research on possible solutions. The students will have to inform themselves and formulate questions that will allow them to understand the dimension of the challenge and to approach a possible solution.
2. Development of the challenge: students will develop in teams small activities leading to identify the most appropriate solution to the problem, all of them proposed by the teacher in view of the previous stages.
3. Verification and validation: the results obtained and the chosen solution will be contrasted in real environments.
4. Elaboration of the report and/or exhibition: the results will be shared through a working report and/or an exhibition, which may be done through a video.

The monitoring of the phases of the activity will be developed in tutorial sessions with the teachers designated for this purpose. The evaluation will be carried out in a coordinated way between the teachers and the participants in the teams. The teachers will carry out a continuous evaluation of the performance and the achievement of the objectives set during the development of the challenge for each student. Likewise, after completing the challenge, students will perform a self-evaluation and a cross evaluation. The weight of the exercise in the grade will be the same as that assigned to the group work.

Regardless of the modality, if the student attended at least 75% of the classes and the project mark is at least 5 points, 10% of this mark will be added to the final grade of the course.

## 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. McGraw-Hill, 2006.	Bibliografía	Texto
Probability, Random Variables, and Random Processes, 4ª ed. Hwei Hsu. McGraw-Hill, 2019.	Bibliografía	Problemas
Intuitive Probability and Random Processes Using MATLAB. Steven M. Kay. Springer, 2006. ( <a href="http://www.ele.uri.edu/faculty/kay.html">http://www.ele.uri.edu/faculty/kay.html</a> )	Bibliografía	Consulta
Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, 4ª ed. A. Papoulis y S. U. Pillai. McGraw-Hill, 2002.	Bibliografía	Consulta
Probability and Random Processes, 2ª ed. Scott L. Miller y Donald Childers. Elsevier, 2012. ( <a href="https://ebookcentral.proquest.com/lib/upmes/reader.action?docID=858694">https://ebookcentral.proquest.com/lib/upmes/reader.action?docID=858694</a> )	Bibliografía	Consulta
Probability and Stochastic Processes: A Friendly Introduction for Electrical and Computer Engineers, 3rd Edition. R. D. Yates y D. J. Goodman. Wiley, 2014. ( <a href="https://learning.oreilly.com/library/view/probability-and-stochastic/9781118324561">https://learning.oreilly.com/library/view/probability-and-stochastic/9781118324561</a> )	Bibliografía	Consulta

Probability, Statistics, and Random Processes for Electrical Engineering, 3ª ed. Alberto Leon-Garcia. Prentice Hall, 2008.	Bibliografía	Consulta
--	--------------	----------

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

La asignatura se relaciona con los ODS 4 y 9:

- Subobjetivo 4.4: Aumentar el número de personas que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo y el emprendimiento.
- Subobjetivo 9.5: Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales.