



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros  
Industriales

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**55001088 - Modelos Matemáticos En Logística E Ingeniería De Los Procesos Industriales**

### PLAN DE ESTUDIOS

05TI - Grado En Ingeniería En Tecnologías Industriales

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Segundo 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.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	11

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	55001088 - Modelos Matemáticos en Logística e Ingeniería de los Procesos Industriales
<b>No de créditos</b>	3 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Curso</b>	Cuarto curso
<b>Semestre</b>	Octavo semestre
<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	05TI - Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales
<b>Centro responsable de la titulación</b>	05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales
<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> *
Jorge Ramirez Garcia (Coordinador/a)		jorge.ramirez@upm.es	- -

\* 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

El plan de estudios Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Conocimientos adquiridos en cursos previos del GITI
- Conocimientos de programación básicos

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CE23I - Conocimiento y capacidad para el uso en la práctica de las herramientas de optimización y simulación.

CE25I - Capacidad de relacionar y analizar exigencias y soluciones técnicas aplicando la metodología de implantación de modelos matemáticos a un caso práctico y de valorar y justificar los resultados.

CG1 - Conocer y aplicar conocimientos de ciencias y tecnologías básicas a la práctica de la Ingeniería Industrial.

CG10 - Capacidad para generar nuevas ideas (Creatividad).

CG5 - Saber comunicar los conocimientos y conclusiones, de forma oral, escrita y gráfica, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG6 - Poseer habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando a lo largo de la vida para su adecuado desarrollo profesional.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA114 - Identificar las variables básicas y sus relaciones en sistemas físicos amplios, que incluyan aspectos termodinámicos, electrostáticos, ópticos, inductivos, etc.

RA230 - Capacidad de abstracción.

RA239 - Capacidad para expresar en lenguaje matemático problemas provenientes del mundo físico y la ingeniería.

RA280 - Adicionalmente el alumno será capaz de preparar y defender trabajos relacionados con el contenido de la asignatura.

RA316 - Trabajar de forma autónoma y en equipo.

RA232 - Proporciona un abanico muy diverso de herramientas para abordar el tratamiento de modelos de procesos naturales.

RA325 - Buscar datos sencillos en la bibliografía.

RA246 - Adquisición de los conocimientos básicos sobre análisis numérico, incluyendo los correspondientes algoritmos y su implementación en una computadora (entorno MatLab).

RA249 - Programación en entorno Matlab como herramienta computacional a utilizar en la modelización y resolución de problemas..

RA126 - Diseñar algoritmos científicos

RA283 - Cálculos cuantitativos para aplicaciones en áreas de investigación actuales (nanotecnología, autoensamblado de materiales, biosensores, LCD's, fluidos complejos, optoelectrónica, etc.)

RA569 - EUR-ACE RA 2.1 - La capacidad de analizar productos, procesos y sistemas complejos en su campo de estudio; elegir y aplicar de forma pertinente métodos analíticos, de cálculo y experimentales ya establecidos e interpretar correctamente los resultados de dichos análisis.

RA186 - Análisis exhaustivo de resultados y seguimiento de limitaciones de los métodos numéricos.

RA199 - Analizar los resultados de simulaciones y conocer las posibilidades y limitaciones de éstas.

RA252 - Capacidad para entender modelos matemáticos complicados de valoración de productos financieros.

RA268 - Capacidad de comunicar oral y por escrito los conocimientos adquiridos a especialistas y legos

RA318 - Creatividad

RA127 - Codificar un algoritmo con un lenguaje de programación

RA328 - Comparar datos experimentales y calculados con datos recogidos en la bibliografía.

RA256 - Plantear en términos matemáticos problemas físicos y de ingeniería.

RA259 - Desarrollar una habilidad razonable para manejar Matlab que es una herramienta informática muy útil en todo este tipo de problemas.

RA264 - Utilización de la bibliografía científico-técnica disponible.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

El nombre completo de esta asignatura es "**Modelos Matemáticos en Logística e Ingeniería de los Procesos Industriales: Introducción a los Procesos Estocásticos**". El objetivo de la asignatura es aprender, a través de ejemplos, los elementos y métodos de resolución del cálculo estocástico, para aplicarlo a problemas reales en ciencia, ingeniería, logística y finanzas. Se resolverán problemas de forma analítica y numérica mediante simulación, utilizando programas en Python.

En la naturaleza y en la sociedad se pueden encontrar multitud de **fenómenos que presentan un carácter aparentemente aleatorio**: desde la difusión de coloides (descubierta por Robert Brown en el siglo XIX) hasta la evolución de los precios de las acciones en los mercados de valores. Matemáticamente, este tipo de fenómenos se describen mediante **procesos estocásticos** y precisan de unas técnicas especiales para ser resueltos, tanto analítica como numéricamente.

La física estadística ha supuesto uno de los mayores avances conceptuales de la ciencia en los siglos XIX y XX. Gran parte de su éxito radica en el hecho de que en una cantidad minúscula de materia (por ejemplo, en 18g de agua) hay una cantidad astronómica de moléculas (el número de Avogadro) y, por tanto, el tratamiento estadístico es necesario y aporta resultados muy precisos. Sin embargo, existen otros sistemas en los que el número de partículas es muy inferior y las técnicas de la física estadística dejan de ser aplicables. Por ejemplo, en el interior de una bacteria típica (*Escherichia coli*) hay solo unas decenas de moléculas de ADN polimerasa, cuya función es crítica para el replicado del ADN y la división celular. En estos casos, es preciso utilizar otras técnicas.

Existen algunos fenómenos, como la difusión, que pueden ser formulados en términos de ecuaciones en derivadas parciales (leyes de Fick, 1855) y en términos de ecuaciones diferenciales estocásticas (ecuaciones de Einstein y Langevin, 1905-1908). Es un buen punto de partida para comprender la relación entre el *cálculo tradicional* y el *cálculo estocástico* y recurriremos a él como ejemplo durante el curso.

Las técnicas matemáticas desarrolladas para comprender los fenómenos estocásticos en Biología, Física y Química están siendo utilizadas, desde hace solo unas décadas, para resolver problemas en ciencias sociales como la Economía, dando lugar recientemente a una disciplina heterodoxa denominada "Econofísica". En el curso, revisaremos alguno de los modelos clásicos para estudiar la dinámica de los mercados financieros (la ecuación de Black-Scholes, 1973), en sus formulaciones como ecuación diferencial en derivadas parciales y como ecuación diferencial estocástica.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción a los fenómenos estocásticos
  - 1.1. Introducción histórica
  - 1.2. Ejemplos de fenómenos estocásticos
  - 1.3. Ejemplo detallado: ecuación de difusión
    - 1.3.1. Resolución analítica
    - 1.3.2. Resolución numérica
    - 1.3.3. Solución mediante procesos estocásticos
2. Conceptos básicos de probabilidad
  - 2.1. Axiomas y teoremas básicos de probabilidad
  - 2.2. Distribuciones de probabilidad
  - 2.3. Cambios de variable
  - 2.4. Generación de números aleatorios
3. Ecuaciones diferenciales estocásticas
  - 3.1. Procesos estocásticos
  - 3.2. Procesos de Markov
    - 3.2.1. Cadenas de Markov
  - 3.3. Ecuación de Chapman-Kolmogorov
  - 3.4. Proceso de Wiener

### 3.5. Definición de ecuación diferencial estocástica

## 4. Integrales estocásticas

### 4.1. Integral de Ito/Cálculo de Ito

### 4.2. Fórmula de Ito

### 4.3. Ecuación de Fokker-Planck

## 5. Aplicaciones

### 5.1. Mercados financieros: ecuación de Black/Scholes

### 5.2. Introducción a la logística estocástica

### 5.3. Viscoelasticidad: modelos moleculares

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>0. Presentación de la asignatura 1. Introducción</b> Duración: 02:10 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>1. Introducción</b> Duración: 02:10 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
3	<b>1. Introducción 2. Probabilidad</b> Duración: 02:10 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	<b>2. Probabilidad</b> Duración: 02:10 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
5	<b>2. Probabilidad 3. Ecuaciones diferenciales estocásticas</b> Duración: 02:10 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	<b>3. Ecuaciones diferenciales estocásticas</b> Duración: 02:10 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			<b>1. Proyecto. Entrega 1</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 04:00
7	<b>3. Ecuaciones diferenciales estocásticas</b> Duración: 02:10 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:45
8	<b>3. Ecuaciones diferenciales estocásticas 4. Integrales Estocásticas</b> Duración: 02:10 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
9	<b>4. Integrales estocásticas</b> Duración: 02:10 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
10	<b>4. Integrales estocásticas 5. Aplicaciones</b> Duración: 02:10 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 00:45
11	<b>5. Aplicaciones</b> Duración: 02:10 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			

12	<b>5. Aplicaciones</b> Duración: 02:10 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			<b>2. Proyecto. Entrega 2</b> TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua y sólo prueba final No presencial Duración: 04:00
13				
14				
15				
16				
17				<b>Examen escrito Prueba Final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 02:00

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.

## 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
6	1. Proyecto. Entrega 1	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	20%	0 / 10	CG1 CE23I CE25I
7		EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:45	25%	3 / 10	
10		EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	00:45	25%	3 / 10	CG5 CE25I
12	2. Proyecto. Entrega 2	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	30%	0 / 10	CG5 CG6 CG10 CE23I

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
6	1. Proyecto. Entrega 1	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	20%	0 / 10	CG1 CE23I CE25I
12	2. Proyecto. Entrega 2	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	04:00	30%	0 / 10	CG5 CG6 CG10 CE23I
17	Examen escrito Prueba Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	50%	4 / 10	CG1 CG5 CG6 CG10 CE23I CE25I

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen escrito prueba final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	100%	5 / 10	CG1 CG5 CE23I CE25I

## 7.2. Criterios de evaluación

Para poder superar la asignatura en cualquier convocatoria, los alumnos deberán obtener una **calificación superior o igual a 5** y haber **entregado los trabajos de clase**.

Durante el desarrollo de la asignatura, los alumnos desarrollarán un proyecto relacionado con el cálculo estocástico (con aplicaciones en finanzas, fenómenos de transporte en materia condensada, logística, etc).

La evaluación de la asignatura en **convocatoria ordinaria** se compone de **2 bloques liberatorios de evaluación progresiva**:

- **Bloque 1: Pruebas de evaluación progresiva.** Consistirá en dos PEPs a realizar en torno a las semanas 7 y 10, dentro del horario de clase, y con un peso del 25% de la nota final cada una. Las PEPs son liberatorias y recuperables.
- **Bloque 2: Proyecto individual.** Consistirá en dos entregables, uno en torno a la semana 6 (planteamiento del problema, métodos a utilizar, con un 20% de peso) y la semana 12 (resolución del problema, códigos desarrollados, análisis de resultados, conclusiones, con un 30% de peso). El proyecto es liberatorio pero no recuperable.

La nota de la asignatura será, por tanto:  $0,25 \cdot \text{PEP1} + 0,25 \cdot \text{PEP2} + 0,20 \cdot \text{Entrega1} + 0,30 \cdot \text{Entrega2}$

La nota obtenida en el proyecto se conserva hasta la convocatoria ordinaria. Si el promedio ponderado de las notas no supera 5, se puede realizar una prueba de evaluación global con un 50% de peso, para mejorar la nota obtenida en las PEPs. En ese caso, la nota de la asignatura sería:  $0,5 \cdot \text{Examen} + 0,20 \cdot \text{Entrega1} + 0,30 \cdot \text{Entrega2}$

En convocatoria extraordinaria, la asignatura se evaluará únicamente mediante un examen escrito sobre todo el contenido, puntuado sobre 10.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Notas de clase	Bibliografía	Transparencias/notas con los contenidos impartidos en el aula.
Página de la asignatura en Moodle	Recursos web	En la plataforma Moodle se incluirán documentos adicionales, códigos, ejemplos, vídeos, etc.
Random Processes in Physics and Finance	Bibliografía	Este y otros libros estarán especializados a disposición de los alumnos a través del profesor.

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura

Considerando la clasificación de ABET, la asignatura MMLIPI contribuye a adquirir las siguientes competencias:

**1 - Aplica:** identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería mediante la aplicación de principios de matemáticas, ciencia e ingeniería. Por ejemplo, definir y aplicar el lema de Itô para resolver la ecuación diferencial estocástica de Black-Scholes y evaluar el efecto de la volatilidad en la evolución del precio de un activo financiero.

**2 - Soluciona:** aplicar el diseño en ingeniería para producir soluciones que cumplan con especificaciones y tengan en cuenta otros factores, incluyendo factores no técnicos. Por ejemplo, se puede pedir que los alumnos resuelvan numéricamente un problema físico, como la difusión de una especie en un medio, utilizando dos técnicas diferentes (solución de la ecuación diferencial estocástica y de la ecuación en derivadas parciales equivalente) y que analicen las ventajas e inconvenientes de cada uno de los métodos.

**3 - Comunica:** transmitir conocimientos e ideas de manera clara y rigurosa, con los recursos gráficos necesarios.

Por ejemplo, en los informes de los trabajos que realizan los alumnos, deben presentar resultados y analizarlos de forma rigurosa. Se evalúa la competencia escrita, pero también la competencia oral, ya que se hacen entrevistas breves en las que los alumnos defienden sus trabajos.

**6 - Experimenta:** desarrollar y realizar los experimentos adecuados, interpretando los datos y sacando conclusiones. Aunque se trate de una asignatura de corte teórico, se desarrollan proyectos de simulación, que se pueden considerar ?experimentos in silico? (en ordenador). Los alumnos deben diseñar la simulación (tamaño y condiciones de la muestra a medir, metodología de simulación, recogida de datos y análisis de estos.

**7 - Sigue aprendiendo:** los estudiantes se deben documentar para realizar los trabajos requeridos para superar la asignatura. Deben ser capaces de discriminar la información relevante de la que no lo es. Se evalúa en los informes entregados.

La asignatura se relaciona con el **ODS 4:** Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.