

**Proyecto/Guía docente de la asignatura THAI**

<b>Asignatura</b>	TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN (THAI)		
<b>Materia</b>	FORMACIÓN OPTATIVA		
<b>Módulo</b>			
<b>Titulación</b>	MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN		
<b>Plan</b>	736	<b>Código</b>	55265
<b>Periodo de impartición</b>	1 <sup>er</sup> CUATRIMESTRE (1 <sup>er</sup> bimestre)	<b>Tipo/Carácter</b>	OPTATIVA
<b>Nivel/Ciclo</b>	POSGRADO (MÁSTER)	<b>Curso</b>	2º
<b>Créditos ECTS</b>	3 ECTS		
<b>Lengua en que se imparte</b>	ESPAÑOL		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	Carlos Alberola López		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	Carlos Alberola López <a href="mailto:carlos.alberola@tel.uva.es">carlos.alberola@tel.uva.es</a> , 983-185544		
<b>Departamento</b>	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		
<b>Fecha de revisión por el Comité de Título</b>	15 de julio de 2024		



## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

### 1.1 Contextualización

La formación de futuros investigadores requiere del dominio de diferentes de técnicas de investigación. El conocimiento de las mismas permite ampliar el abanico de posibilidades a la hora de desarrollar trabajos con contenido investigador, bien en otras asignaturas del máster o bien en su futura carrera profesional. En esta asignatura se pretende cubrir esta necesidad, proporcionando una introducción general a una panorámica de herramientas matemático-estadísticas de investigación, que permitan, además, nivelar los conocimientos de los estudiantes acerca de algunas técnicas habituales en ingeniería.

### 1.2 Relación con otras materias

Esta asignatura está relacionada con el resto de asignaturas del máster, ya que en ella se presentan técnicas de investigación que serán útiles para la realización de tareas con contenido de investigación en el resto de las asignaturas. También se relaciona con la asignatura de “Metodología e instrumentos de investigación, innovación y transferencia tecnológica”, donde se estudian aspectos complementarios relacionados con el ejercicio de la investigación.

### 1.3 Prerrequisitos

Prerrequisitos recomendables:

1. Conocimientos previos de matemáticas:

- Álgebra lineal: sistemas de ecuaciones, problemas de mínimos cuadrados, diagonalización.
- Cálculo diferencial en varias variables: gradiente, fórmula de Taylor, máximos y mínimos.
- Ecuaciones diferenciales ordinarias: concepto de ecuación diferencial y de sistemas de ecuaciones diferenciales.
- Conceptos básicos de teoría de la probabilidad

Se facilitará bibliografía de estudio personal previo para los alumnos que lo requieran

2. Conocimientos instrumentales: manejo de Excel, Matlab y/o R.

(Se facilitarán guías de aprendizaje y/o sesiones de “curso cero”)

## 2. Competencias

### 2.1 Generales

1. Capacidad para dirigir, planificar y supervisar equipos multidisciplinares. [G3]
2. Capacidad para el modelado matemático, cálculo y simulación en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Ingeniería de Telecomunicación y campos multidisciplinares afines. [G4]
3. Capacidad para la dirección general, dirección técnica y dirección de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, en empresas y centros tecnológicos. [G6]
4. Capacidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares, siendo capaces de integrar conocimientos [G8]
5. Capacidad para saber comunicar (de forma oral y escrita) las conclusiones –y los conocimientos y razones últimas que las sustentan– a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades [G11]
6. Poseer habilidades para el aprendizaje continuado, autodirigido y autónomo. [G12]

### 2.2 Específicas

1. Capacidad de conocer y emplear técnicas y herramientas relacionadas con el modelado, simulación, experimentación y validación de las propuestas técnicas, así como evaluarlas mediante unos parámetros de bondad establecidos. [O3]

## 3. Objetivos

1. Conocer las técnicas básicas del modelado estadístico, del diseño de experimentos y de la validación de hipótesis.
2. Manejar el método de Montecarlo y las técnicas de simulación
3. Comprender los algoritmos de optimización básicos y ser capaz de implementarlos.

## 4. Bloques temáticos

### Bloque 1: Técnicas de investigación cuantitativa

Carga de trabajo en créditos ECTS:

#### a. Contextualización y justificación

Existen numerosos campos de investigación en los que es necesario analizar cuantitativamente los datos obtenidos o bien ser capaz de generar resultados numéricos a partir de modelos conceptuales. El análisis de los resultados permite validar (o descartar) las hipótesis formuladas. Una correcta comprensión de este análisis facilita el diseño de experimentos concluyentes. Por otro lado, la elaboración de modelos susceptibles de ser formulados matemáticamente permite inferir consecuencias contrastables de forma cuantitativa, bien mediante resolución analítica, bien a través de simulaciones numéricas. Estos resultados cuantitativos pueden ser utilizados para optimizar el sistema estudiado.



## **b. Objetivos de aprendizaje**

---

Al final del bloque todos los estudiantes deberán ser capaces de:

- Aplicar los conceptos básicos de estadística descriptiva
- Plantear un test de hipótesis
- Diseñar experimentos e interpretar los resultados mediante las técnicas de análisis estadístico
- Distinguir diferentes enfoques de implementación de modelos para realizar simulaciones numéricas

## **c. Contenidos**

---

1. Introducción a la Teoría de la Probabilidad, variables aleatorias y procesos estocásticos.

- Teoría de la Probabilidad
- Variables aleatorias
- Procesos Estocásticos

2. Introducción a la estadística descriptiva

- Estadísticos muestrales
- Métodos gráficos

3. Estimación de parámetros

- Estimadores básicos e intervalos de confianza.
- Estimación de máxima verosimilitud
- Estimación Bayesiana

4. Test de hipótesis

- Test de una muestra.
- Tests de dos muestras.
- Tests de múltiples muestras.

5. Regresión y correlación

- Regresión lineal univariante
- Regresión lineal multivariante
- Regresión logística.

6. Simulación mediante ordenador

- Generación de variables aleatorias independientes
- Generación de variables aleatorias correladas y procesos estocásticos.
- Simulación Monte Carlo.

## **d. Métodos docentes**

---

- Clase magistral participativa
- Resolución de problemas por el profesor y en grupo



- Simulación en el laboratorio de supuestos de estimación y comparación, en su caso, con resultados analíticos
- Exposiciones de trabajos y ejercicios

### e. Plan de trabajo

---

Véase Anexo I

### f. Evaluación

---

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA DEL BLOQUE	OBSERVACIONES
Prueba práctica de simulación	25%	
Entrega de problemas solicitados	25%	
Trabajos e informes realizados por el alumno	15%	
Exposición de trabajos seleccionados y capacidad de respuesta a las cuestiones que se le planteen	10%	
Prueba escrita	25%	Se establece un mínimo del 40% de la puntuación de este cuestionario para aprobar el bloque.

### g. Bibliografía básica

---

- C. Alberola, Probabilidad, variables aleatorias y procesos estocásticos: Una introducción orientada a las telecomunicaciones. Universidad de Valladolid, 2004.
- B. Rosner. Fundamentals of biostatistics. Cengage learning, 2015.

### h. Bibliografía complementaria

---

- Papoulis A., *Probability, Random Variables, and Stochastic Processes*, Mc-Graw Hill 3<sup>rd</sup> Ed., NY, USA, 1991.
- Peebles P., *Probability, Random Variables, and Random Signal Principles*, Mc-Graw Hill 4<sup>th</sup> Ed., NY, USA, 2001.
- Starks H., Woods J. W., *Probability, Random Variables and Estimation Theory for Engineers*, Mc-Graw Hill 2<sup>nd</sup> Ed., NY, USA, 1994.
- B. W. Lindgren *Statistical Theory*, Collier-Macmillan Int. Ed., 4<sup>th</sup> Ed., 1976.
- W. Navidi, *Estadística para ingenieros y científicos*. MCGraw Hill, 2006.
- F. Neelamkavil, *Computer simulation and modelling*, Chichester, Sussex [etc.] : John Wiley & Sons, 1994.

### i. Recursos necesarios

---

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:



- Entorno de trabajo en plataforma Moodle ( Campus Virtual de la Universidad de Valladolid).
- Ordenadores con MATLAB/RStudio para las clases de laboratorio, facilitados por la UVA (el entorno RStudio es de libre distribución).

## j. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO (detallar orden semanas)
1.5	Semanas 1 a 4

## Bloque 2: Herramientas Matemáticas

Carga de trabajo en créditos ECTS: 

### a. Contextualización y justificación

En este bloque se contempla una selección de herramientas de amplia utilización, tanto en otras disciplinas del máster como en la investigación. En el contexto de las telecomunicaciones, en el de la electrónica y en el de la informática es preciso resolver sistemas de ecuaciones no lineales y también son muy son frecuentes los modelos ligados a problemas de minimización, lo que justifica la inclusión de temas relacionados con la el método de Newton y la optimización. El boque finaliza con una breve incursión en los sistemas dinámicos regidos por ecuaciones diferenciaes ordinarias y en derivadas parciales, tema de gran interés propio, dada la enorme profusión de modelos en la ingeniería que vienene regidos por ecuaciones diferenciales, y que también conectamos con la optimización.

### b. Objetivos de aprendizaje

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

- Entender y manejar los conceptos básicos de cada una de las lecciones
- Implementar en lenguaje de pseudocódigo y en MATLAB los algoritmos de Newton, optimización y de integración de ecuaciones diferenciales contemplados en el bloque
- Analizar los ejemplos y modelos fundamentales introducidos en las lecciones, así como otros de su interés profesional, mediante las técnicas numéricas desarrolladas y extraer consecuencias significativas relacionas a dichos modelos sobre la base del comportamiento observado en las aproximaciones numéricas.

### c. Contenidos

#### 1. Ecuaciones lineales

- Ecuaciones lineales: métodos directos
- Ecuaciones lineales: métodos iterativos



- Método del gradiente conjugado
  - Método de la bisección
  - Repaso matriz jacobiana. Matriz jacobiana aproximada.
  - Método de Newton con jacobiano exacto y aproximado
  - Condición de la secante. Métodos casi-Newton
  - Restricciones. Funciones de penalty.
2. Optimización
- Repaso del gradiente y de los conjuntos de nivel
  - Repaso de la matriz Hessiana y de la fórmula de Taylor de segundo orden
  - Extremos locales y globales. Condiciones necesarias. Condiciones suficientes
  - Métodos de descenso. Método del máximo descenso
  - Algoritmo de Goldstein-Armijo
  - Condición de la secante/casi-Newton
  - Correcciones de rango 2
  - Métodos BDFG
3. Sistemas dinámicos
- Manejo de integradores explícitos
  - Integradores implícitos. Necesidad y manejo
  - Sistemas gradiente
  - Sistemas de segundo orden. Osciladores
  - Conexión con la optimización
  - Idea de los métodos de Nesterov

#### **d. Métodos docentes**

---

- Clase magistral participativa
- Resolución de problemas por el profesor y en grupo
- Simulación en el laboratorio de supuestos de estimación y comparación, en su caso, con resultados analíticos
- Exposiciones de trabajos y ejercicios

### e. Plan de trabajo

---

Véase Anexo I

### f. Evaluación

---

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA DEL BLOQUE	OBSERVACIONES
Prueba práctica de simulación	25%	
Entrega de problemas solicitados	25%	
Trabajos e informes realizados por el alumno	15%	
Exposición de trabajos seleccionados y capacidad de respuesta a las cuestiones que se le planteen	10%	
Cuestionario on-line	25%	Se establece un mínimo del 40% de la puntuación de este cuestionario para aprobar el bloque.

### g. Bibliografía básica

---

- Andreas Antoniu, Wu Sheng-Lu, *Practical Optimization, Algorithms and engineering applications*, Springer Verlag, 2007.
- Richard L. Burden and Douglas Faires, *Análisis Numérico*, 7ªEd., Thomson, 2001

### h. Bibliografía Complementaria

---

- Stig Larsson and Vidar Thomée, *Partial Differential Equations With Numerical Methods*, Springer Verlag, 2005.
- Jorge Nocedal and Stephen J. Wright, *Numerical Optimization*, Springer Verlag, 2000.
- Y. Nesterov, *Introductory Lectures on Convex Programming*, Springer Verlag, 2004.

### i. Recursos necesarios

---

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVA o el profesor:

- Entorno de trabajo en plataforma Moodle ( Campus Virtual de la Universidad de Valladolid).
- Ordenadores con MATLAB/RStudio para las clases de laboratorio, facilitados por la UVA (el entorno RStudio es de libre distribución).



**j. Temporalización**

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO (detallar orden semanas)
1.5	Semanas 5 a 8

**5. Métodos docentes y principios metodológicos**

La asignatura se impartirá mediante clases magistrales participativas, sesiones de problemas resueltos por el profesor, seminarios de resolución de problemas por parte de los alumnos, prácticas de laboratorio y exposiciones de trabajos y ejercicios con evaluación por pares.

**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)	15	Estudio y trabajo autónomo individual	30
Clases prácticas de aula (A)	6	Estudio y trabajo autónomo grupal	15
Laboratorios (L)	6		
Prácticas externas, clínicas o de campo	0		
Seminarios (S)	3		
Tutorías grupales (TG)	0		
Evaluación	0		
<b>Total presencial</b>	<b>30</b>	<b>Total no presencial</b>	<b>45</b>