



**Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería de Telecomunicación**  
**UPCT**



**GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA:**  
**MODELADO Y SIMULACIÓN**

**Titulación/es: GRADO EN INGENIERÍA TELEMÁTICA**

CSV:	uN5YRyqjvC7JDQaUNrRXYSijb	Fecha:	16/01/2019 13:20:10	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.			
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E			
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/uN5YRyqjvC7JDQaUNrRXYSijb	Página:	1/16	

## 1. Datos de la asignatura

Nombre		Modelado y Simulación				
Materia*		Modelado y Simulación				
Módulo*		Módulo de materias obligatorias propias del grado				
Código		505103009				
Titulación		Grado en Ingeniería Telemática				
Plan de estudios		2009				
Centro		ETSIT				
Tipo		OBLIGATORIA				
Periodo lectivo		Cuatrimstral	Cuatrimestre	2	Curso	3
Idioma		Español				
ECTS	6	Horas / ECTS	30	Carga total de trabajo (horas)		180

\* Todos los términos marcados con un asterisco están definidos en *Referencias para la actividad docente en la UPCT y Glosario de términos*:

<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/3330/1/isbn8469531360.pdf>

## 2. Datos del profesorado

<b>Profesor Responsable</b>	Juan José Alcaraz Espín		
<b>Departamento</b>	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones		
<b>Área de conocimiento</b>	Ingeniería Telemática		
<b>Ubicación del despacho</b>	Despacho 14, 1ª Planta ETSI Telecomunicación		
<b>Teléfono</b>	968 326544	<b>Fax</b>	968 32 5973
<b>Correo electrónico</b>	Juan.alcaraz@upct.es		
<b>URL / WEB</b>	http://ait.upct.es/~jjalcaraz		
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	Martes de 16:00 a 19:00 y Jueves de 16:00 a 19:00.		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	Despacho 14, 1ª Planta ETSI Telecomunicación		

<b>Titulación</b>	Ingeniero de Telecomunicación
<b>Vinculación con la UPCT</b>	Profesor Titular de Universidad
<b>Año de ingreso en la UPCT</b>	2004
<b>Nº de quinquenios (si procede)</b>	2
<b>Líneas de investigación (si procede)</b>	Modelado, análisis y diseño de protocolos y redes inalámbricas.
<b>Nº de sexenios (si procede)</b>	2
<b>Experiencia profesional (si procede)</b>	Entre 1999 y 2003: Siemens S.A., Xfera móviles (Yoigo), Navantia.
<b>Otros temas de interés</b>	

<b>Profesor</b>	Javier Vales Alonso		
<b>Departamento</b>	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones		
<b>Área de conocimiento</b>	Ingeniería Telemática		
<b>Ubicación del despacho</b>	Despacho 24, 1ª planta ETSIT (Antigones)		
<b>Teléfono</b>	968 326588	<b>Fax</b>	968 32 5973
<b>Correo electrónico</b>	<a href="mailto:javier.vales@upct.es">javier.vales@upct.es</a>		
<b>URL / WEB</b>	http://ait.upct.es/jvales		
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	Martes 11:00-14:00 y Miércoles 11:00-14:00		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	Despacho 24, 1ª planta ETSIT (Antigones)		

<b>Titulación</b>	Ingeniero de Telecomunicación, Doctor
<b>Vinculación con la UPCT</b>	TU
<b>Año de ingreso en la UPCT</b>	2002
<b>Nº de quinquenios (si procede)</b>	3
<b>Líneas de investigación (si procede)</b>	Investigación operativa
<b>Nº de sexenios (si procede)</b>	2
<b>Experiencia profesional (si procede)</b>	
<b>Otros temas de interés</b>	

### 3. Descripción de la asignatura

#### 3.1. Descripción general de la asignatura

Esta asignatura presenta al alumno las herramientas matemáticas y algorítmicas necesarias para la evaluación de prestaciones y la optimización del rendimiento de redes y protocolos de comunicación. Las herramientas matemáticas tienen una base de cálculo de probabilidades y de álgebra matricial sencilla mientras que las que están basadas en simulación requieren unos fundamentos de programación básicos en lenguajes ya conocidos por el alumno. Se da por hecho un conocimiento básico en redes y protocolos aunque la asignatura no es especialmente tecnológica sino más bien centrada en técnicas. El nivel de los contenidos se puede considerar intermedio o avanzado, como corresponde a una asignatura de tercero.

#### 3.2. Aportación de la asignatura al ejercicio profesional

Esta asignatura establece el marco teórico básico del análisis de sistemas estocásticos y del análisis de sistemas por simulación. Dentro del marco de estudio de los sistemas de telecomunicaciones, podemos considerarla por tanto de carácter teórico fundamental.

Por tanto, los instrumentos tratados en la asignatura dotan al ingeniero de telecomunicación de poderosos recursos para el análisis de sistemas reales, que pueden ser de uso en el marco del ejercicio profesional.

#### 3.3. Relación con otras asignaturas del plan de estudios

Se recomienda haber cursado las asignaturas: Redes y Servicios de Telecomunicaciones, Conmutación, Teoría de Redes de Telecomunicaciones, y Programación para Ingeniería Telemática

#### 3.4. Incompatibilidades de la asignatura definidas en el plan de estudios

#### 3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura

### 3.6. Medidas especiales previstas

#### **Estudiantes discapacitados**

Los alumnos en esta situación deberán hablar con el profesor de la asignatura. Se buscará la manera de adaptar los materiales y recursos utilizados, a las necesidades específicas.

## 4. Competencias y resultados del aprendizaje

### 4.1. Competencias básicas\* del plan de estudios asociadas a la asignatura

### 4.2. Competencias generales del plan de estudios asociadas a la asignatura

CG3: Conocimiento de materias básicas y tecnologías, que le capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y tecnologías, así como que le dote de una gran versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

### 4.3. Competencias específicas\* del plan de estudios asociadas a la asignatura

T2 Capacidad para aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios y aplicaciones telemáticas, tales como sistemas de gestión, señalización y conmutación, encaminamiento y enrutamiento, seguridad (protocolos criptográficos, tunelado, cortafuegos, mecanismos de cobro, de autenticación y de protección de contenidos), ingeniería de tráfico (teoría de grafos, teoría de colas y teletráfico) tarificación y fiabilidad y calidad de servicio, tanto en entornos fijos, móviles, personales, locales o a gran distancia, con diferentes anchos de banda, incluyendo telefonía y datos.

T3 Capacidad de construir, explotar y gestionar servicios telemáticos utilizando herramientas analíticas de planificación, de dimensionado y de análisis.

T4 Capacidad de describir, programar, validar y optimizar protocolos e interfaces de comunicación en los diferentes niveles de una arquitectura de redes.

T5 Capacidad de seguir el progreso tecnológico de transmisión, conmutación y proceso para mejorar las redes y servicios telemáticos.

### 4.4. Competencias transversales del plan de estudios asociadas a la asignatura

TR2 - Trabajar en equipo


TR5 - Aplicar a la práctica los conocimientos adquiridos

### 4.5. Resultados\*\* del aprendizaje de la asignatura

1. Sintetizar y analizar problemas de Ingeniería Telemática mediante modelos matemáticos estocásticos.
2. Optimizar el funcionamiento de protocolos aplicando procesos de decisión de Markov.
3. Desarrollar software de simulación para la evaluación de sistemas basados en eventos.
4. Interpretar resultados de simulación y extraer conclusiones con pensamiento crítico.
5. Usar paquetes software de cálculo científico para el análisis y simulación de problemas de Ingeniería Telemática.

**\*\* Véase también la *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje*, de ANECA:**

[http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes\\_v02.pdf](http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes_v02.pdf)

CSV:	uN5YRyqjvC7JDQaUNrRXYSijb	Fecha:	16/01/2019 13:20:10	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.			
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E			
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/uN5YRyqjvC7JDQaUNrRXYSijb	Página:	7/16	

## 5. Contenidos

### 5.1. Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura

Técnicas de simulación de redes. Análisis de resultados. Técnicas de modelado, análisis y optimización de redes.

### 5.2. Programa de teoría (unidades didácticas y temas)

#### Bloque I.- Modelado estocástico

- 1.1. Cadenas de Markov en tiempo discreto
- 1.2. Clasificación de estados
- 1.3. El régimen estacionario
- 1.4. Análisis de los estados transitorios
- 1.5. Análisis de los estados recurrentes
- 1.6. Cadenas con recompensa
- 1.7. Cadenas en tiempo continuo

#### Bloque II.- Procesos de decisión de Markov

- 2.1. Cadenas de Markov controladas
- 2.2. Tipos de problemas MDPs
- 2.3. Solución de los MDPs, algoritmo básico de programación dinámica
- 2.4. SSPs
- 2.5. El algoritmo *policy iteration*
- 2.6. MDPs con descuento
- 2.7. MDPs con coste medio

#### Bloque III.- Simulación

- 3.1. Conceptos básicos de simulación
- 3.2. Formulación e implementación de un modelo para simulación
- 3.3. Generación de variables aleatorias
- 3.4. Análisis estadístico de resultados

### 5.3. Programa de prácticas (nombre y descripción de cada práctica)

El programa de prácticas se organiza como una serie de prácticas, cada una de ellas con una estructura similar (aunque no idéntica) a un bloque temático. Se enumeran siguiendo la misma secuencia cronológica que van a seguir en su desarrollo.

#### Práctica 1.- Modelado estocástico

En esta práctica los alumnos implementarán funciones, fundamentalmente en MATLAB, para resolver las ecuaciones resultantes de los modelos estocásticos planteados en el bloque 1 de teoría. Obtendrán distintas medidas de rendimiento, representarán los resultados y los interpretarán en el contexto práctico.

#### Práctica 2.- Procesos de Decisión de Markov

En esta práctica los alumnos implementarán funciones, fundamentalmente en MATLAB, en las que se resolverá, mediante el algoritmo de programación dinámica, diversos procesos de decisión de Markov correspondientes a aplicaciones prácticas en



el ámbito de las comunicaciones, como *scheduling* o encaminamiento.

### Práctica 3.- Introducción a los simuladores por eventos discretos

En esta práctica los alumnos conocerán la estructura interna de un simulador por eventos discretos empleando el sistema MATLAB. A partir de los ejemplos presentados los alumnos construirán un simulador de un sistema sencillo.

### Práctica 4.- Análisis estadístico de resultados

En esta práctica los alumnos implementarán un sistema de análisis estadístico para su uso en simulación.

Asimismo, durante el desarrollo de la asignatura se plantearán trabajos de carácter opcional u obligatorio según el caso, para ser realizados por los alumnos.

## Prevención de riesgos

**La Universidad Politécnica de Cartagena considera como uno de sus principios básicos y objetivos fundamentales la promoción de la mejora continua de las condiciones de trabajo y estudio de toda la Comunidad Universitaria.**

**Este compromiso con la prevención y las responsabilidades que se derivan atañe a todos los niveles que integran la Universidad: órganos de gobierno, equipo de dirección, personal docente e investigador, personal de administración y servicios y estudiantes.**

**El Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la UPCT ha elaborado un “Manual de acogida al estudiante en materia de prevención de riesgos” que puedes encontrar en el Aula Virtual, y en el que encontraras instrucciones y recomendaciones acerca de cómo actuar de forma correcta, desde el punto de vista de la prevención (seguridad, ergonomía, etc.), cuando desarrolles cualquier tipo de actividad en la Universidad. También encontrarás recomendaciones sobre cómo proceder en caso de emergencia o que se produzca algún incidente.**

**En especial, cuando realices prácticas docentes en laboratorios, talleres o trabajo de campo, debes seguir todas las instrucciones del profesorado, que es la persona responsable de tu seguridad y salud durante su realización. Consúltale todas las dudas que te surjan y no pongas en riesgo tu seguridad ni la de tus compañeros.**

### 5.4. Programa de teoría en inglés (unidades didácticas y temas)

This course introduces mathematical and algorithmic tools for performance evaluation and optimization of communication networks and protocols. The mathematical tools are based on probability theory and they also require some knowledge of matrix algebra. Although students are assumed to have a basic background on networking, the course is not especially focused on technology but it is more centered on techniques. The level of the course's contents can be considered intermediate or advanced, as usual for a third year course.

Block I. - Stochastic Modeling

- 1.1. Discrete-time Markov chains
- 1.2. Classification of states
- 1.3. The steady state regime
- 1.4. Analysis of transient states
- 1.5. Analysis of recurrent states
- 1.6. Chains with rewards

## 1.7. Continuous time process

### Block II. - Markov Decision Processes

- 2.1. Controlled Markov chains
- 2.2. Types of MDP problems
- 2.3. Solving MDPs, basic dynamic programming algorithm
- 2.4. SSPs
- 2.5. Policy iteration method
- 2.6. Discounted MDPs
- 2.7. MDPs with average cost

### Block III. - Simulation

- 3.1. Simulation Basics
- 3.2. Formulation and implementation of a simulation model
- 3.3. Generation of random variables
- 3.4. Statistical analysis of results

The practice program is organized as a series of exercises, each with a similar structure (though not identical) to a thematic unit. They are listed in the same sequence followed during the course.

#### Practice 1. - Stochastic Modeling

In this lab session, students will implement functions, mainly in MATLAB, to solve the resulting equations of stochastic models posed in block 1 of theory. They will obtain various performance measures, represent and interpret the results in the practical context.

#### Practice 2. - Markov Decision Processes

In this lab, students will implement functions, mainly in MATLAB, which is solved by the dynamic programming algorithm, various Markov decision processes for practical applications in the field of communications, such as scheduling or routing.

#### Practice 3. - Introduction to discrete event simulators

In this lab, students will learn the internal structure of a discrete event simulator using MATLAB system. From the examples students will construct a simulator of a simple system.

#### Practice 4. - Statistical analysis of results

In this lab, students will implement a statistical analysis system for use in simulation.

Besides, the students will develop some optional or mandatory works during this course.

## 5.5. Objetivos del aprendizaje detallados por unidades didácticas

### Unidad didáctica 1:

- Conocer los fundamentos del modelado estocástico, su potencia y sus limitaciones.
- Modelar matemáticamente un protocolo o una red de comunicaciones
- Resolver las ecuaciones resultantes de un modelo matemático
- Interpretar los resultados en términos de evaluación de rendimiento

Unidad didáctica 2:

- Modelar protocolos y redes como sistemas dinámicos estocásticos.
- Formular el diseño de un sistema como un problema de optimización.

Unidad didáctica 3:

- Conocer los fundamentos de los simuladores por eventos discretos
- Interpretar los resultados y conocer los límites de los simuladores

## 6. Metodología docente

### 6.1. Metodología docente\*

Actividad*	Técnicas docentes	Trabajo del estudiante	Horas
Clase de teoría	Exposición de los contenidos detallados en el programa de teoría. Se emplean transparencias y anotaciones sobre Tablet PC o en pizarra. También se plantean cuestiones breves sobre los conceptos explicados para permitir la autoevaluación de los alumnos y reforzar su aprendizaje.	<u>Presencial</u> : Asistencia a clase, toma de apuntes, planteamiento de dudas, responder a las cuestiones planteadas.	22.5
		<u>No presencial</u> : Estudio personal	30
Resolución de ejercicios y casos prácticos	Guía y resolución de dudas	<u>Presencial</u> : Participación activa. Resolución de ejercicios. Planteamiento de dudas.	7.5
		<u>No presencial</u> : Resolución de problemas	30
Prácticas de laboratorio	Aprendizaje orientado a proyectos, resolución de ejercicios y problemas, método del descubrimiento y aprendizaje colaborativo.	<u>Presencial</u> : Realización de las actividades y ejercicios planteados en el boletín de prácticas.	24
		<u>No presencial</u> : Lectura del boletín de prácticas. Resolución de cuestionarios de prácticas.	36
Preparación de trabajos	Aprendizaje orientado a proyectos, aprendizaje colaborativo y método del descubrimiento	<u>Presencial</u> : Presentación de trabajos	3
		<u>No presencial</u> : Realización de los trabajos propuestos	24
Realización de pruebas de evaluación	Examen sobre los contenidos teórico/prácticos establecidos en la asignatura	<u>Presencial</u> : Realización de exámenes presenciales sobre el contenido teórico-práctico de la asignatura	3
		<u>No presencial</u> :	
		<u>Presencial</u> :	
		<u>No presencial</u> :	
			180

## 6.2. Resultados (4.5) / actividades formativas (6.1)

### Resultados del aprendizaje (4.5)

Actividades formativas (6.1)	1	2	3	4	5
Clase de teoría	x	x	x	x	
Resolución de ejercicios y casos prácticos	x	x	x	x	x
Prácticas de laboratorio	x	x	x	x	x
Preparación de trabajos			x	x	x

## 7. Metodología de evaluación

### 7.1. Metodología de evaluación\*

Actividad	Tipo		Sistema y criterios de evaluación*	Peso (%)	Resultados (4,5) evaluados
	Sumativa*	Formativa*			
Examen final	x		Examen sobre los contenidos teórico/prácticos establecidos en la asignatura. Los contenidos de las unidades didácticas 1 y 2 tendrán un peso del 70% de la calificación del examen final, y los contenidos de la unidad didáctica 3 tendrá un peso del 30%.	50%	1,2,3,4,5
Prácticas	x	x	Realización y entrega, en grupos de dos personas como máximo, de los boletines/cuestionarios asociados a las prácticas. La solución a los retos planteados en las prácticas se presenta y explica al alumnado una vez entregados los boletines. Cada práctica tiene el siguiente peso sobre la calificación total de la asignatura: Práctica 1: 5%, práctica 2: 5%, práctica 3: 10%, práctica 4: 10%.	30%	2,3,4,5
Elaboración y presentación de trabajos	x	x	Se proponen dos trabajos a realizar en grupos de dos personas como máximo. Trabajo 1, asociado a las unidades didáctica 1 y 2 y Trabajo 2, asociado a la unidad 3. Cada trabajo tiene el siguiente peso sobre la calificación total de la asignatura: Trabajo 1: 5%, Trabajo 2: 15%.	20%	2,3,4,5

Para aprobar se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Obtener una puntuación mínima de 5 sobre 10 en el examen final.
- Entregar los cuestionarios/entregables de las prácticas y obtener una calificación de apto en ellos.
- Completar el Trabajo 2 incluyendo su entregable y obtener una calificación de apto.
- Obtener una puntuación mínima de 5 sobre 10 en toda la asignatura.


Una vez superada cada actividad evaluable se guardará su calificación únicamente hasta el inicio del curso siguiente. La copia en cualquier actividad supone una calificación de suspenso 0 en el periodo de evaluación correspondiente para los personas implicadas en la copia.

Tal como prevé el artículo 5.4 del *Reglamento de las pruebas de evaluación de los títulos oficiales de grado y de máster con atribuciones profesionales* de la UPCT, el estudiante en el que se den las circunstancias especiales recogidas en el Reglamento, y previa solicitud justificada al Departamento y admitida por este, tendrá derecho a una prueba global de evaluación. Esto no le exime de realizar los trabajos obligatorios que estén recogidos en la guía docente de la asignatura.

Los estudiantes de segunda o posterior matrícula que hayan cursado la asignatura en castellano y que opten por matricularse en el itinerario de intensificación en inglés deberán realizar y superar de nuevo todas las actividades docentes que se realicen en inglés de cara a que se les reconozca la realización de dicho itinerario

## 7.2. Mecanismos de control y seguimiento (opcional)

Plazos de entrega de las prácticas/trabajos: Desde la última sesión práctica dedicada a cada práctica o trabajo, se establece un plazo de una semana para entregar el cuestionario/entregable de la misma a través del Aula Virtual. En caso de no apto, se indicarán los errores y se establecerá un plazo de segunda entrega.

CSV:	uN5YRyqjvC7JDQaUNrRXYSijb	Fecha:	16/01/2019 13:20:10	
Normativa:	Este documento es copia auténtica imprimible de un documento administrativo firmado electrónicamente y archivado por la Universidad Politécnica de Cartagena.			
Firmado Por:	Universidad Politécnica de Cartagena - Q8050013E			
Url Validación:	https://validador.upct.es/csv/uN5YRyqjvC7JDQaUNrRXYSijb	Página:	15/16	

## 8 Bibliografía y recursos

### 8.1. Bibliografía básica\*

- Introduction to probability, second Edition. Dimitri Bertsekas. Athenea Scientific, 2008.
- Dynamic Programming and Optimal Control. Vols. I and II (4th edition), Dimitri Bertsekas. Athenea Scientific,
- Teoría de colas y simulación de eventos discretos, Juan José Pazos Arias, Pearson, 2003.

### 8.2. Bibliografía complementaria\*

Matlab, Second Edition: A Practical Introduction to Programming and Problem Solving, Stormy Attaway, Elsevier, 2012

### 8.3. Recursos en red y otros recursos

Se facilitarán a través del sistema de aula virtual de la UPCT todos los recursos necesarios.