



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**Guía docente de la asignatura**

# **INVESTIGACIÓN OPERATIVA**

**Titulación: Máster en Organización Industrial**

## 1. Datos de la asignatura

<b>Nombre</b>	Investigación Operativa				
<b>Materia*</b>	Investigación Operativa				
<b>Módulo*</b>	Bloque 1: Fundamentos				
<b>Código</b>	234101003				
<b>Titulación</b>	Máster en Organización Industrial				
<b>Plan de estudios</b>	Plan de estudios de Máster en Organización Industrial por la UPCT				
<b>Centro</b>	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial				
<b>Tipo</b>	Obligatoria				
<b>Periodo lectivo</b>	Cuatrimestral	<b>Cuatrimestre</b>	1º	<b>Curso</b>	1er año
<b>Idioma</b>	Castellano				
<b>ECTS</b>	4.5	<b>Horas / ECTS</b>	30	<b>Carga total de trabajo (horas)</b>	135

\* Todos los términos marcados con un asterisco que aparecen en este documento 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 1</b>	María del Carmen Ruiz Abellón		
<b>Departamento</b>	Matemática Aplicada y Estadística		
<b>Área de conocimiento</b>	Estadística e Investigación Operativa		
<b>Ubicación del despacho</b>	B030: Planta Baja Antiguo Hospital de Marina (ETSII)		
<b>Teléfono</b>	968 33 89 14	<b>Fax</b>	968 33 89 16
<b>Correo electrónico</b>	<a href="mailto:Maricarmen.ruiz@upct.es">Maricarmen.ruiz@upct.es</a>		
<b>URL / WEB</b>	Aula Virtual de la asignatura		
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	Consultar en Aula Virtual		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	B030: Planta Baja Antiguo Hospital de Marina (ETSII)		

<b>Titulación</b>	Licenciada en Ciencias Matemáticas y Doctora en Matemáticas.
<b>Vinculación con la UPCT</b>	Profesora Titular de Universidad.
<b>Año de ingreso en la UPCT</b>	1999
<b>Nº de quinquenios (si procede)</b>	3
<b>Nº de sexenios (si procede)</b>	2

### 3. Descripción de la asignatura

#### 3.1. Descripción general de la asignatura

En la formación de todo futuro ingeniero, y en especial para los que desempeñen tareas propias de un Ingeniero en Organización Industrial, resulta imprescindible el manejo de herramientas que sirvan de apoyo en la toma de decisiones.

Teniendo en cuenta los planes de estudio que dan acceso a este Máster, la mayoría de los alumnos no habrán cursado ninguna asignatura relacionada con la optimización, de manera que esta asignatura de Investigación Operativa podría suponer casi el primer contacto de los alumnos con este área de conocimiento. Sin embargo, el perfil y la formación previa de dichos alumnos, permiten que ese primer contacto sea algo más que un simple inicio, sirviendo además como base para abordar con éxito la asignatura de Modelos de Decisión del siguiente cuatrimestre.

La asignatura tiene un carácter principalmente práctico, contemplando de manera necesaria el uso de software como apoyo a la resolución de problemas, pero sin dejar de lado los aspectos matemáticos que sustentan los distintos algoritmos de resolución para problemas de optimización.

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

La asignatura Investigación Operativa se ha diseñado teniendo en cuenta el perfil profesional del Ingeniero en Organización Industrial. Como consecuencia, el objetivo de la misma es formar a los alumnos en la aplicación de técnicas de optimización como apoyo a la toma de decisiones en el entorno industrial y productivo.

Esta asignatura pretende profundizar y ampliar los conocimientos de técnicas matemáticas de apoyo a la toma de decisiones. Al finalizar el curso los alumnos dominarán la formulación y el modelado de problemas de optimización y decisión, conocerán las diferentes alternativas de modelado y las técnicas existentes para resolver modelos de investigación operativa, todo ello de gran utilidad en su futuro profesional.

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

La asignatura de Investigación Operativa sirve de base para abordar con éxito las siguientes asignaturas con las que está estrechamente relacionada:

- Modelos de Decisión
- Logística
- Simulación de Sistemas Logísticos

Por otra parte, a través de esta asignatura se adquieren conocimientos y habilidades que serán de utilidad a la hora de afrontar otras asignaturas del Máster que requieran técnicas de optimización o apoyo en la toma de decisiones, tales como dirección de sistemas productivos, estrategia y política de empresa, dirección de ventas o gestión energética.

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

No tiene.

### **3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura**

Para cursar la asignatura con éxito, es recomendable que el alumno haya cursado y tenga presentes algunas técnicas de estadística básica, álgebra y cálculo en varias variables.

### **3.6. Medidas especiales previstas**

El alumno que, por circunstancias, pueda necesitar medidas especiales deberá comunicarlo al profesorado al inicio del cuatrimestre con el fin de tomar las medidas oportunas.

## 4. Competencias y resultados del aprendizaje

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

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

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

CG2 - Capacidad para definir las funciones de producción, compras, aprovisionamiento, suministro y logística en cualquier organización, así como para plantear los necesarios mecanismos de coordinación verticales (entre los diferentes niveles jerárquicos dentro de una misma área/departamento) y transversales (entre mismos niveles jerárquicos pero de diferentes departamentos) en el ámbito de la ingeniería de organización.

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

CE3 - Diseñar modelos matemáticos de ayuda a la toma de decisiones utilizando técnicas heurísticas y de optimización.

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

T2 - Trabajar en equipo.

Nivel 2: Planificar objetivos complejos y trabajar con eficacia.

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

Las competencias específicas y objetivos de aprendizaje que se desarrollarán con la asignatura, y que se indican a continuación, permitirán que el alumno al finalizar el curso sea capaz de:

1. Contribuir en la consolidación y desarrollo del equipo, favoreciendo la comunicación, el reparto equilibrado de tareas, el clima interno y la cohesión.
2. Definir, de forma eficiente, los planes de producción, suministro y logística de una empresa u organización.
3. Formular problemas de optimización en la industria mediante modelos matemáticos.

4. Aplicar el método del símplex para resolver problemas de programación lineal.
5. Interpretar económicamente el significado del problema dual.
6. Analizar la variación de los resultados en función de la variación en los parámetros del problema.
7. Aplicar técnicas de ramificación-acotación para la resolución de problemas enteros.
8. Representar problemas industriales mediante grafos y resolverlos mediante la técnica más adecuada.
9. Formular y resolver problemas de optimización no lineal en el ámbito industrial.
10. Aplicar las cadenas de Markov a la gestión de stocks.

**\*\* 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)

## 5. Contenidos

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

Programación lineal continua. El método del símplex. Dualidad y sensibilidad. Programación entera. Teoría de grafos. Programación no lineal. Cadenas de Markov.

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

#### UNIDAD DIDÁCTICA 1. PROGRAMACIÓN LINEAL Y ENTERA

##### Tema 1. Introducción a la Programación Lineal

- 1.1. Formulación de modelos.
- 1.2. Solución gráfica e interpretación.

##### Tema 2. El método del Símplex

- 2.1. Formulación general y algoritmo del Símplex.
- 2.2. Método de la M grande.
- 2.3. Infactibilidad, no acotación, soluciones alternativas y ciclado.

##### Tema 3. Dualidad en Programación Lineal

- 3.1. Formulación del problema dual y relaciones primal-dual.
- 3.2. Interpretación económica del problema dual.
- 3.3. Método del Simplex dual.

##### Tema 4. Análisis de la sensibilidad

- 4.1. Cambios discretos en costes, recursos o coeficiente tecnológico.
- 4.2. Optimización paramétrica en los costes y en los recursos.

##### Tema 5. Programación Entera

- 5.1. Aplicaciones de la Programación Entera y posibles métodos de resolución.
- 5.2. Método de ramificación y acotación. El problema de la mochila.
- 5.3. Programación 0-1.

#### UNIDAD DIDÁCTICA 2. PROBLEMAS ESPECIALES Y TEORÍA DE GRAFOS

##### Tema 6. Problemas especiales de Programación Lineal

- 6.1. El problema del transporte.
- 6.2. El problema del transporte con trasbordo.
- 6.3. El problema de asignación.



6.4. El problema del viajante de comercio.

### **Tema 7. Teoría de Grafos**

7.1. Caminos de longitud mínima y máxima. Algoritmo de etiquetación y algoritmo de Dijkstra.

7.2. Flujo máximo en redes.

7.3. Representación de redes de proyectos. Análisis CPM y PERT.

## **UNIDAD DIDÁCTICA 3. PROGRAMACIÓN NO LINEAL Y CADENAS DE MARKOV**

### **Tema 8. Introducción a la Programación no Lineal**

8.1. Funciones convexas.

8.2. Programación no lineal sin restricciones.

8.3. Programación no lineal con restricciones.

8.4. Métodos de resolución de problemas de programación no lineal.

### **Tema 9. Introducción a las cadenas de Markov**

9.1. Definiciones: propiedad Markoviana y matriz de transiciones.

9.2. Ecuaciones de Chapman-Kolmogorov.

9.3. Clasificación de los estados en una cadena de Markov.

9.4. Propiedades a largo plazo.

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

Las prácticas se realizarán en el aula de informática empleando principalmente el software POM-QM for Windows.

Práctica 1: Introducción al software y resolución de problemas de programación lineal mediante el símplex.

Introducción al manejo del software y realización de una práctica guiada sobre la incorporación de problemas de programación lineal y resolución con el símplex. Dualidad y análisis de sensibilidad en costes y recursos.

Práctica 2: Programación entera y mixta.

Desarrollo de un ejemplo guiado de programación entera, destacando el funcionamiento del algoritmo de ramificación-acotación.



Práctica 3: Problemas especiales de programación lineal y problemas de redes.

Desarrollo de varios ejemplos guiados sobre problemas de transporte, asignación, caminos más cortos y flujo máximo.

Práctica 4: Secuenciación de tareas CPM y PERT.

Realización de una práctica guiada sobre planificación de proyectos, CPM y PERT.

Práctica 5: Programación no lineal.

Desarrollo de un ejemplo guiado de programación no lineal.

Práctica 6: Cadenas de Markov.

Realización de una práctica guiada sobre cadenas de Markov aplicadas a modelos de inventarios.

## 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)

## **PART 1. LINEAR AND INTEGER PROGRAMMING**

### **Unit 1. Introduction to Linear Programming**

### **Unit 2. The Simplex method**

### **Unit 3. Duality in Linear Programming**

### **Unit 4. Parametric analysis**

### **Unit 5. Integer Programming**

## **PART 2. SPECIAL LP PROBLEMS AND GRAPH THEORY**

### **Unit 6. Special LP problems**

### **Unit 7. Graph theory**

## **PART 3. NONLINEAR PROGRAMMING AND MARKOV CHAINS.**

### **Unit 8. Introduction to nonlinear programming**

### **Unit 9. Introduction to Markov chains**

## **5.5. Objetivos del aprendizaje detallados por unidades didácticas**

Los contenidos de la asignatura se han agrupado en tres unidades didácticas, cuyos objetivos se enumeran a continuación.

### **UNIDAD DIDÁCTICA 1. PROGRAMACIÓN LINEAL Y ENTERA.**

Los objetivos de esta unidad didáctica son:

- Que los alumnos sepan plantear formalmente problemas de optimización.
- Conocer la teoría que sustenta el algoritmo del simplex.
- Identificar las situaciones de infactibilidad, no acotación y soluciones múltiples en un PPL.
- Saber formular el problema dual de un problema de programación lineal e interpretar el significado económico de las variables duales.
- Conocer la metodología para hacer análisis paramétrico en costes y en recursos.

- Aplicar el algoritmo de ramificación y acotación a problemas binarios como el mochila y programación 0-1.

**Las actividades formativas que se emplearán para la consecución de estos objetivos será la combinación de las clases de teoría expositivas, los problemas en el aula, las prácticas en aula de informática y la realización y exposición de trabajos grupales.**

## **UNIDAD DIDÁCTICA 2. PROBLEMAS ESPECIALES Y TEORÍA DE GRAFOS.**

Los objetivos de esta unidad didáctica son:

- Identificar distintos problemas especiales de programación lineal (asignación, transporte, viajante de comercio, flujo máximo, ...) y determinar su algoritmo de resolución más eficiente.
- Aplicar el algoritmo de resolución apropiado a problemas de longitud mínima y máxima.
- Plantear y resolver problemas de secuenciación de tareas CPM y PERT

**Las actividades formativas que se emplearán para la consecución de estos objetivos será la combinación de las clases de teoría expositivas, los problemas en el aula, las prácticas en aula de informática y la realización y exposición de trabajos grupales.**

## **UNIDAD DIDÁCTICA 3. PROGRAMACIÓN NO LINEAL Y CADENAS DE MARKOV.**

Los objetivos de esta unidad didáctica son:

- Formular problemas de optimización no lineal y resolverlos por el método adecuado.
- Introducir conceptos y propiedades de cadenas de Markov, destacando su aplicación a la teoría de inventarios y gestión de stocks.
- Plantear y resolver problemas relacionados con cadenas de Markov.

**Las actividades formativas que se emplearán para la consecución de estos objetivos será la combinación de las clases de teoría expositivas, los problemas en el aula, las prácticas en aula de informática y la realización y exposición de trabajos grupales.**

## 6. Metodología docente

### 6.1. Metodología docente\*

Actividad*	Técnicas docentes	Trabajo del estudiante	Horas
Clase de teoría	Clase expositiva utilizando la técnica de la lección y técnicas de aprendizaje cooperativo informal de corta duración. Resolución de dudas planteadas por los estudiantes. Se tratarán los temas de mayor complejidad y los aspectos más relevantes.	<u>Presencial</u> : Toma de apuntes, planteamiento de dudas y discusión de casos prácticos con el profesor.	19
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia.	22
Clases de problemas en el aula	Se resolverán problemas tipo y se analizarán casos prácticos. Se enfatizará el trabajo en plantear los métodos de resolución y no los resultados. Se plantearán problemas y/o situaciones reales para que los alumnos los resuelvan de manera individual o en pequeños grupos, siendo guiados por el profesor.	<u>Presencial</u> : Participación activa. Resolución de ejercicios. Planteamiento de dudas.	10
		<u>No presencial</u> : Resolución de ejercicios propuestos por el profesor.	20
Sesiones prácticas en el aula de informática.	Sesiones prácticas en el aula de informática para aplicar los contenidos a problemas reales o simulados, haciendo uso de un software adecuado.	<u>Presencial</u> : Manejo de herramientas informáticas. Desarrollo de un problema práctico con apoyo del software y dirigido por el profesor.	16
		<u>No presencial</u> : Resolución de ejercicios prácticos propuestos por el profesor usando software adecuado. Preparación del examen práctico.	20
Tutorías individuales y de grupo	Las tutorías serán individuales o de grupo con objeto de realizar un seguimiento individualizado y/o grupal del aprendizaje. Supervisión de los informes prácticos.	<u>Presencial</u> : Planteamiento de dudas y síntesis de los trabajos prácticos a desarrollar.	3
Realización de actividades de evaluación formativas y sumativas	Además del examen final de problemas y de prácticas, a lo largo del cuatrimestre se realizarán pruebas de evaluación continua. Dichas pruebas servirán como seguimiento del grado de asimilación de los contenidos, así como para la evaluación sumativa del alumno.	<u>Presencial</u> : Realización de las pruebas de evaluación continua, consistentes en la resolución de problemas con y sin apoyo de software.	3
Realización de los exámenes oficiales	Planteamiento de problemas prácticos para su resolución manual y otros para resolución con software adecuado.	<u>Presencial</u> : Examen final realizado en dos fases: resolución de problemas sin soporte informático y resolución de problemas haciendo uso de software adecuado.	4
Preparación y exposición de trabajos / informes	Se plantearán problemas reales para su resolución con las herramientas informáticas utilizadas en las sesiones prácticas. Dichos informes deberán ser defendidos mediante la presentación pública del mismo.	<u>Presencial</u> : Exposición oral y defensa de los trabajos prácticos.	3
		<u>No presencial</u> : Búsqueda y síntesis de información. Organización del trabajo en grupo. Elaboración del informe técnico y preparación de la presentación del trabajo	15
			135

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

	Resultados del aprendizaje (4.5)									
Actividades formativas (6.1)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Clase de teoría			X	X	X	X	X	X	X	X
Clase de problemas			X	X	X	X	X	X	X	X
Clase de prácticas de ordenador				X		X	X	X	X	X
Tutorías			X	X	X	X	X	X	X	X
Exámenes oficiales y pruebas sumativas			X	X	X	X	X	X	X	X
Realización de informes con presentación oral	X	X	X		X	X	X	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*			
<b>Prueba oficial individual</b>	x		La prueba constará de dos partes. La primera parte consiste en la resolución de problemas prácticos sin apoyo de soporte informático. En esta parte se evalúa la capacidad para formular problemas de optimización y de aplicar el algoritmo adecuado de resolución.  La segunda parte consiste en la resolución de problemas usando el software de las sesiones prácticas. Se evalúa la capacidad de aplicar conocimientos a la práctica, la capacidad de análisis y el manejo del software.	60%	R2-R10
<b>Pruebas intermedias de evaluación continua</b>	x	x	A lo largo del cuatrimestre se realizarán al menos dos pruebas de evaluación continua, que podrán ser de carácter individual o grupal, y consistentes en la resolución de problemas con y sin apoyo de software. La calificación obtenida en esta parte se conservará para las convocatorias de febrero, junio y septiembre del curso actual.	20%	R2-R10
<b>Exposición y defensa de trabajos grupales</b>	x	x	Los alumnos, organizados en grupos, deben desarrollar y exponer un caso práctico empleando las técnicas de resolución que estimen más adecuadas y con el apoyo del software de prácticas. Se evalúan la resolución de problemas y el trabajo en equipo, así como las destrezas y habilidades para el manejo de herramientas informáticas. La calificación obtenida en esta parte se conservará para las convocatorias de febrero, junio y septiembre del curso actual.	20%	R1-R10
Para superar la asignatura, el alumno deberá tener al menos una puntuación de 5 sobre 10, sin necesidad de aprobar cada parte por separado.					

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.

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



## 8 Bibliografía y recursos

### 8.1. Bibliografía básica\*

- Kamlesh Mathur y Daniel Solow *"Investigación de Operaciones"*. Ed. Prentice Hall.
- Hillier, F. y Lieberman, G. J. *"Introducción a la investigación de operaciones"*. Ed. McGraw-Hill.
- Taylor, Bernard W. "Introduction to Management Science". Pearson.
- Weiss, H. "POM-QM for Windows". Prentice Hall.

### 8.2. Bibliografía complementaria\*

- Calvete Fernández y Mateo Collazos *"Programación lineal, entera y meta. Problemas y aplicaciones"*. Ed. Colección Textos Docentes.
- Ríos Insúa, S. *"Investigación Operativa. Programación Lineal y Aplicaciones"*. Ed. Centro de Estudios Ramón Areces.
- Ríos Insúa, Ríos Insúa, Mateos y Martín *"Investigación Operativa. Programación Lineal y Aplicaciones. Ejercicios resueltos"*. Ed. Ra-Ma Textos Universitarios.

### 8.3. Recursos en red y otros recursos

Aula Virtual

