



Universidad
Politécnica
de Cartagena



Centro
Universitario
de la Defensa

Guía docente de la asignatura:
MÉTODOS CUANTITATIVOS

Titulación:

Grado en Ingeniería de Organización Industrial

1. Datos de la asignatura

Nombre	Métodos Cuantitativos				
Materia*	Métodos Cuantitativos				
Módulo*	Materias básicas de Ingeniería y Arquitectura				
Código	511102005				
Titulación	Grado en Ingeniería de Organización Industrial				
Plan de estudios	2009 (Decreto 269/2009 de 31 de julio)				
Centro	Centro Universitario de la Defensa				
Tipo	Obligatoria				
Periodo lectivo	Septiembre - Enero	Cuatrimestre	1º	Curso	2º
Idioma	Castellano				
ECTS	4.5	Horas / ECTS	25	Carga total de trabajo (horas)	112.5

* 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

Profesor responsable	Coronel Rafael García Martín		
Departamento	Ciencias e Informática		
Área de conocimiento	Estadística e Investigación Operativa		
Ubicación del despacho	Despacho 4 del CUD		
Teléfono	968 189 917	Fax	968 188 870
Correo electrónico	rafael.garcia@cud.upct.es		
URL / WEB	Aula Virtual UPCT		
Horario de atención / Tutorías	Martes y miércoles de 12:35 a 14:35 (Se requiere concretar previamente la cita por e-mail)		
Ubicación durante las tutorías	Despacho 4 del CUD		

Titulación	<ul style="list-style-type: none"> • Enseñanza Militar Superior. • Doctor por la UNED (doctorado en 1.997). • Diplomado en Investigación Operativa por la U. Complutense de Madrid. • Diplomado en Estadística Matemática por la U. Complutense de Madrid. • Máster en Inteligencia Artificial por la U. Politécnica de Madrid. • Diplomado en Investigación Militar Operativa. • Diplomado Militar en Estadística.
Vinculación con CUD-UPCT	Profesor Colaborador de Centro Adscrito. (Profesor militar en Centro Universitario según la orden DEF/85/2017)
Año de ingreso en CUD-UPCT	2014
Nº de quinquenios	-
Líneas de investigación	-
Nº de sexenios	-
Experiencia profesional	<ul style="list-style-type: none"> • Jefe de la Sección de Planeamiento Logístico del Mando de Apoyo Logístico del EA (3 años). • Jefe del Centro de Investigación Operativa de la Defensa (7 años). • Consejero Técnico Área de Ayuda a la Decisión (10 años) • Técnico Superior de la U. de Estadística del MINISDEF (15 años). • Investigador operativo del Estado Mayor del Aire (4 años). • Investigador invitado en la E.N, Bazán (1 año). • Profesor Asociado del Departamento de Estadística y Econometría de la Universidad Carlos III de Madrid (ininterrumpidamente desde 1997 hasta 2013 impartiendo diversas asignaturas de estadística y ciencias actuariales en varias titulaciones). • Profesor Consultor de la Universidad Ouberta de Cataluña (ininterrumpidamente desde 1998 hasta 2013, impartiendo Análisis de datos cuantitativos) • Profesor del Máster de Administración de los Sistemas de Seguridad y Defensa de la Universidad Rey Juan Carlos en todas sus ediciones. • Profesor del Máster de Logística de los Sistemas de Seguridad y Defensa de la Universidad Rey Juan Carlos en todas sus ediciones. • Profesor del Curso de Técnica Contable y Contractual del Ejército del Aire

	<p>(desde 1990 hasta 2015).</p> <ul style="list-style-type: none">• Profesor del Curso de Técnicas de Gestión Logística del Ejército del Aire (desde 1990 hasta 2015).• Profesor del Curso de Investigación Militar Operativa impartido en la Secretaría General Técnica del Ministerio de Defensa en todas sus ediciones.• Profesor del Curso de Técnicas Estadísticas impartido en la Secretaría General Técnica del Ministerio de Defensa en todas sus ediciones.
Otros temas de interés	Optimización del empleo de los Sistemas de Armas.

Profesora 2	Ana Esther Madrid García		
Departamento	Ciencias e Informática		
Área de conocimiento	Estadística e Investigación Operativa		
Ubicación del despacho	Despacho 25 del CUD		
Teléfono	968 189 924	Fax	968 188 870
Correo electrónico	anae.madrid@cud.upct.es		
URL / WEB	Aula Virtual UPCT		
Horario de atención / Tutorías	Consultar Aula Virtual de la asignatura (Se recomienda cita previa por e-mail)		
Ubicación durante las tutorías	Despacho 25 del CUD		

Titulación	Doctora en Estadística e Investigación Operativa
Vinculación con CUD-UPCT	PCD en el centro adscrito CUD San Javier
Año de ingreso en CUD-UPCT	2012
Nº de quinquenios (si procede)	1
Líneas de investigación (si procede)	Análisis de valores extremos. Medidas de riesgo. Procesos espacio-temporales
Nº de sexenios (si procede)	1
Experiencia profesional (si procede)	Beca-Contrato Predoctoral en la Universidad de Granada asociada a un Proyecto de Excelencia de la Junta de Andalucía. Estancia en la Universitat Ca'Foscari de Venecia (Italia). Contratos de investigación con las universidades Jaime I de Castellon y Granada. Colaboradora en diversos proyectos de investigación financiados por los Ministerios de Ciencia y Tecnología, Economía y Competitividad y la Conserjería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía desde 2006.
Otros temas de interés	Didáctica de la Estadística y la Probabilidad e Innovación Docente

3. Descripción de la asignatura

3.1. Descripción general de la asignatura

La asignatura Métodos Cuantitativos es una asignatura con un carácter eminentemente aplicado y tiene como objetivo que los alumnos de la Academia General del Aire, que cursan la Titulación de Graduado en Ingeniería de Organización Industrial, adquieran los conocimientos necesarios para aplicar técnicas de optimización que les ayuden en la futura toma de decisiones.

3.2. Aportación de la asignatura al ejercicio profesional

La asignatura Métodos Cuantitativos se ha diseñado teniendo en cuenta el perfil profesional del futuro oficial del Ejército del Aire, Ingeniero de Organización Industrial. Fundamentalmente, el curso es una introducción a la teoría de la optimización y a las técnicas básicas de Investigación Operativa. El énfasis está dado a nivel del modelado en la investigación de operaciones a través del empleo de algunas técnicas específicas: la programación lineal y entera, el análisis de redes, y los métodos de programación multiobjetivo.

3.3. Relación con otras asignaturas del plan de estudios

Al tratarse de una asignatura que utiliza bastantes rudimentos matemáticos, será de gran utilidad el dominio de los contenidos de la asignatura Álgebra cursada en el primer cuatrimestre de primer curso y otros correspondientes a la asignatura Estadística que se imparte en el segundo cuatrimestre de primer curso. A través de esta asignatura se adquieren los conocimientos básicos para afrontar con garantías otras asignaturas, tales como:

2º Curso

Economía y Administración de la Empresa
Organización del trabajo y recursos humanos

3º Curso

Dirección de Operaciones

4º Curso

Prácticas de empresa
Trabajo Fin de Grado

Tabla 1. Relación con otras asignaturas de la Titulación

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

No tiene

3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura

Al tratarse de una asignatura que utiliza cierto aparato matemático, será de gran utilidad el dominio de los contenidos de la asignatura Álgebra cursada en el primer cuatrimestre de 1º curso y de la asignatura Estadística que se imparte en el segundo cuatrimestre de primer curso. Así, los alumnos deben haber adquirido previamente los siguientes conocimientos mínimos para un correcto seguimiento de la asignatura:

- De la asignatura Álgebra: Matrices, determinantes, resolución de sistemas de ecuaciones lineales.
- De la asignatura Estadística: Concepto de incertidumbre asociado a todo proceso real. Modelización probabilística de situaciones reales. Manejo de tablas estadísticas.

3.6. Medidas especiales previstas

Se adoptarán medidas especiales que permitan simultanear los estudios de la asignatura con las actividades de formación militar y aeronáutica. En concreto, se formarán grupos de trabajo/aprendizaje cooperativo de alumnos con disponibilidad limitada, fomentándose el seguimiento del aprendizaje mediante la programación de tutorías de grupo y planificación y entrega de actividades a través del Aula Virtual. En caso de alumnos con necesidades educativas especiales se solicitará ayuda a los órganos competentes.

4. Competencias y resultados del aprendizaje

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

CB2. 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.

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

CG2. Aplicar las tecnologías generales y las materias fundamentales en el ámbito industrial para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

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

CE19. Modelar problemas mediante el empleo de técnicas cuantitativas de optimización.

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

CT5. Aplicar a la práctica los conocimientos adquiridos

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:

R1. Adquirir los principios básicos de la Programación Lineal.

R2. Analizar e interpretar económicamente los resultados obtenidos al resolver problemas de programación lineal.

R3. Ser capaz de obtener la solución de un problema frente a pequeñas variaciones en las condiciones del mismo.

R4. Ser capaz de identificar y resolver problemas de programación lineal en el que las variables de decisión toman únicamente valores enteros y conocer las limitaciones que se tienen en la resolución de este tipo de problemas.

R5. Ser capaz de modelar y aplicar las técnicas de resolución adecuadas a problemas especiales, tales como problemas de transporte, flujo en redes, asignación de recursos y localización.

R6. Poseer las destrezas en el manejo de software que permitan la resolución de problemas de optimización.

R7. Poseer las destrezas necesarias para comunicar correctamente los problemas propuestos, con el lenguaje apropiado.

R8. Tomar conciencia de que los conocimientos, aptitudes, capacidades y destrezas adquiridas con esta materia resultan fundamentales para su futura actividad profesional.

Las actividades de enseñanza/aprendizaje diseñadas permitirán al alumno desarrollar su capacidad de: trabajo en equipo, análisis y síntesis de información, expresión escrita y comunicación oral mediante la redacción de informes y su exposición oral en las sesiones especialmente dedicadas a este tipo de actividades.

** 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

5. Contenidos

5.1. Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura

Introducción a la optimización. Introducción a la Programación Lineal. El método del Simplex. Dualidad en Programación Lineal. Análisis de la sensibilidad. Programación Entera. Problemas especiales de Programación Lineal. Teoría de Grafos. Programación Lineal multiobjetivo.

5.2. Programa de teoría (unidades didácticas y temas)

UNIDAD DIDÁCTICA 1. PROGRAMACIÓN LINEAL

Tema 1. Introducción a la Programación Lineal

1. Orígenes de la Investigación Operativa.
2. El papel de la Investigación Operativa en la Defensa.
3. Formulación de modelos.
4. Solución gráfica e interpretación.

Tema 2. El método del Simplex

1. Formulación general.
2. Algoritmo del Simplex.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. DUALIDAD, SENSIBILIDAD Y ANÁLISIS PARAMÉTRICO

Tema 3. Dualidad y análisis de la sensibilidad en Programación Lineal

1. Formulación del problema dual.
2. Relaciones entre los problemas primal y dual.
3. Cambios discretos en un coste, recurso o coeficiente tecnológico.
4. Incorporación de nuevas restricciones y variables.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. PROGRAMACIÓN ENTERA Y PROBLEMAS ESPECIALES

Tema 4. Programación Entera y Problemas Especiales

1. Método de ramificación y acotación.
2. El problema general de la asignación, problemas de cobertura, el problema de la mochila.
3. Problemas especiales: el problema general de la asignación y cobertura de defensas del espacio aéreo; el problema de la asignación arma-blanco; el problema del kit de despliegue; el problema de la secuenciación de tareas ofensivas y defensivas.
4. Formulaciones especiales y linealización: la decisión minimax en ausencia de inteligencia fiable en operaciones ofensivas y defensivas.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. REDES, LOCALIZACIÓN Y PROGRAMACIÓN MULTIOBJETIVO

Tema 5. Optimización en Redes (Teoría de Grafos)

1. Conceptos básicos de la teoría de grafos.
2. El problema genérico del transporte; el problema de la ruta más corta, más larga; el problema del flujo máximo.
3. Problemas especiales: diseño de rutas de máxima supervivencia, problemas asociados al despliegue, operación y redespliegue de unidades aéreas; interdicción ofensiva óptima de una red logística.

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

Sesiones de Laboratorio de Informática:

- **Práctica 1, Introducción al Software SOLVER/OPEN SOLVER:** Familiarizar al alumno con el software que utilizará en la asignatura. En concreto con la extensión **Solver** incluida en la hoja de cálculo Excel, software que permite la resolución de problemas de optimización y con el software **Open Solver** que permite la aplicación del método Simplex para la resolución de programas lineales de medio tamaño.
- **Práctica 2: Programación lineal.** El objetivo de la práctica es familiarizar al alumno con el reconocimiento, como tal, de la naturaleza de un problema de optimización basado en un programa lineal; su planteamiento en los términos formales adecuados; su resolución usando el software adecuado para ello y la presentación más adecuada de los resultados obtenidos con especial incidencia en la utilización de gráficos y tablas.
- **Práctica 3: Programación lineal entera.** El objetivo de la práctica es familiarizar al alumno con los problemas de optimización cuyas soluciones deben estar total o parcialmente compuestas por números enteros y la forma en qué pueden ser solucionados a través del empleo del software empleado en la asignatura. Se realizarán ejercicios sobre:
 - Problemas de asignación de misiones,
 - Problemas de cobertura de sensores.
- **Práctica 4: Optimización en redes.** El objetivo de la práctica es familiarizar al alumno con un tipo especial de problemas, conocidos de forma genérica, como problemas de transporte. Tanto en sentido real, como a veces figurado (ya que mediante ellos se resuelve un amplio abanico de problemas), mediante un problema de transportes se resuelve la forma de llevar cualquier mercancía, desde un grupo de centros de suministro, hasta unos destinos, de manera que se minimicen los costes totales de la operación. Se plantean problemas relacionados con los siguientes aspectos:
 - El problema genérico del transporte, flujo en redes y modelos de trasbordo.
 - El problema de la ruta más corta entre dos puntos.
 - El problema del flujo máximo.
 - Despliegues de tropas con desgaste por atrición.
 - Diseño de rutas ofensivas de máxima supervivencia.
 - Interdicción óptima de una red logística.
- **Práctica 5: Modelos de localización.** El objetivo de la práctica es el de familiarizar al alumno con la realización mediante el software Solver y Open Solver de algunos problemas de localización de pequeño y mediano tamaño. Se realizarán ejercicios relacionados con los siguientes tipos de problemas:
 - Problemas de localización de centros de distribución con capacidad y sin ella.
 - Problemas resolubles mediante la aplicación de los modelos p-mediana, ponderados y sin ponderar y p-centro.
- **Práctica 6: Programación Multiobjetivo.** Esta práctica muestra cómo resolver un problema multiobjetivo utilizando los métodos de las ponderaciones, epsilon-restricciones y la programación por metas.

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)

- Unit 1. Introduction to linear programming.
- Unit 2. The Simplex method.
- Unit 3. Duality theory and Sensitivity analysis in linear programming.
- Unit 4. Integer programming and Special problems on linear programming.
- Unit 5. Network optimization models.
- Unit 6. Facility locations models.
- Unit 7. The multiobjective linear programming model.

5.5. Objetivos del aprendizaje detallados por unidades didácticas

Los contenidos de la asignatura se han agrupado en cuatro Unidades Didácticas.

UNIDAD DIDÁCTICA 1. PROGRAMACIÓN LINEAL

Este bloque se dedica a la optimización de una función lineal (maximizar o minimizar) sujeta a un conjunto de restricciones también lineales. Así tras introducir la terminología básica de la programación lineal intentaremos lograr que el alumno adquiera habilidad para crear y formular modelos determinísticos en investigación de operaciones, con énfasis en la formulación de problemas de programación lineal. Se presentarán técnicas gráficas de resolución para el caso de dimensión 2 para, posteriormente, presentar el algoritmo Simplex, como un método que permite resolver este tipo de problemas.

Los objetivos de esta Unidad Didáctica son:

- Familiarizar al alumno con la programación lineal y sus posibilidades de aplicación a problemas prácticos.
- Que el alumno sepa plantear un problema de programación lineal partiendo de su enunciado en términos generales.
- Que el alumno aprenda a representar regiones factibles y determinar gráficamente la solución óptima de un problema de programación lineal.

- Enseñar los conceptos básicos del algoritmo del simplex, mostrar cómo aplicar dicho método.
- Interpretar los resultados obtenidos tras la aplicación del algoritmo del simplex.

UNIDAD DIDÁCTICA 2. DUALIDAD, SENSIBILIDAD Y ANÁLISIS PARAMÉTRICO

En primer lugar, se utilizarán técnicas de dualidad con el fin de obtener una interpretación económica de los resultados proporcionados por el algoritmo el simplex . A continuación, se estudiará qué efecto tienen sobre la solución óptima de un problema pequeñas modificaciones o perturbaciones en los coeficientes que intervienen en un problema de P.L. (costes, recursos, coeficientes tecnológicos). El estudio de este tipo de situaciones, conocido como análisis de sensibilidad y paramétrico permiten tomar decisiones óptimas cuando se producen este tipo de modificaciones en las condiciones del problema a partir de la solución del problema original.

Los objetivos de esta Unidad Didáctica son:

- Familiarizar al alumno con el concepto de dualidad.
- Obtener los problemas duales a partir de los primales correspondientes.
- Que el alumno reconozca las relaciones existentes entre los problemas primal-dual y sepa realizar una interpretación económica de los resultados.
- Mostrar la utilidad del análisis de sensibilidad para estudiar el efecto de determinadas modificaciones en los parámetros del modelo.
- Que el alumno sepa realizar correctamente el análisis de sensibilidad adecuado para la ayuda a la toma de decisiones.

UNIDAD DIDÁCTICA 3. PROGRAMACIÓN ENTERA Y PROBLEMAS ESPECIALES

La suposición de que las variables de un problema de programación lineal únicamente toman valores enteros lejos de simplificar el mismo hace que en ocasiones no sea posible obtener la solución óptima en un tiempo razonable. En este bloque se presentará el algoritmo de ramificación y acotación como un método general de resolución y se abordará la formulación e identificación de algunos problemas “especiales” como problemas de programación lineal.

Los objetivos de esta Unidad Didáctica son:

- Introducir la programación lineal entera y sus dominios de aplicación.
- Enseñar al alumno las formulaciones de problemas tipo mochila, transporte y asignación como problemas de programación lineal y su resolución con ayuda de SOLVER y OPEN SOLVER.

UNIDAD DIDÁCTICA 4. OPTIMIZACIÓN EN REDES, LOCALIZACIÓN Y PROGRAMACIÓN MULTI OBJETIVO

Si entendemos una red como un grafo formado por vértices (o nodos) y arcos que unen algunos de los vértices entre sí, donde los arcos llevan asociados valores numéricos que representan alguna medida o restricción (coste de transporte, tiempo, distancia, capacidad, probabilidad de sufrir un ataque, etc.), se plantearán problemas que optimicen el flujo en dicha red. Se estudiarán también los problemas de localización problemas cuya resolución es necesaria para el correcto despliegue de unidades de producción alejadas de las bases logísticas habituales. Para finalizar el bloque, dentro del epígrafe Programación

Multiobjetivo, abordaremos el problema de la optimización simultánea de varias funciones objetivo que pueden ser conflictivas.

Los objetivos de esta Unidad Didáctica son:

- Aplicar conceptos de teoría de grafos a la resolución de problemas de programación lineal.
- Enseñar al alumno a resolver problemas de redes con la ayuda de SOLVER y OPEN SOLVER.
- Introducir la programación Multiobjetivo y familiarizar al alumno con el concepto de soluciones eficientes.

Que el estudiante sepa abordar problemas en los que se requiera optimizar varias funciones objetivo.

6. Metodología docente

6.1. Metodología docente*			
Actividad*	Técnicas docentes	Trabajo del estudiante	Horas
Clase de teoría	Clase expositiva utilizando técnicas de aprendizaje cooperativo informal de corta duración. Resolución de dudas planteadas por los estudiantes.	<u>Presencial</u> : Toma de apuntes y revisión de estos con el compañero. Planteamiento de dudas individualmente o por parejas.	15
	Se tratarán los temas de mayor complejidad y los aspectos más relevantes.	<u>No presencial</u> : Estudio de la materia.	16
Clase de problemas. Resolución de problemas tipo y casos prácticos	Se resolverán problemas tipo y se analizarán casos prácticos. Se enfatizará el trabajo en plantear los métodos de resolución y no los resultados	<u>Presencial</u> : Participación activa. Resolución de ejercicios. Planteamiento de dudas	15
	Se plantearán problemas y/o situaciones reales para que los alumnos los resuelvan de manera individual o en pequeños grupos, siendo guiados paso a paso por el profesor.	<u>No presencial</u> : Estudio de la materia. Resolución de ejercicios propuestos por el profesor.	20
Clase de Prácticas. Sesiones en el aula de informática	Las sesiones prácticas de laboratorio de informática son fundamentales para aplicar los contenidos teóricos y prácticos a problemas reales. Mediante las sesiones de aula de informática se pretende que los alumnos adquieran habilidades básicas en el manejo de software específico.	<u>Presencial</u> : Manejo de software específico. Desarrollo de competencias en expresión oral y escrita mediante la presentación y exposición de los resultados obtenidos así como la elaboración de los informes correspondientes.	15
		<u>No presencial</u> : Elaboración de los informes de prácticas en grupo y siguiendo criterios establecidos.	8
Seminarios de problemas y otras actividades de aprendizaje cooperativo	Se realizarán varios seminarios de problemas a lo largo del curso. Los alumnos trabajan en grupos para resolver problemas reales con el fin de afianzar y aclarar conceptos.	<u>Presencial</u> : Resolución de los problemas. Explicación del método de resolución a los compañeros. Discusión de dudas y puesta en común del trabajo realizado.	6
Realización de informes de prácticas con presentación oral	Se plantearán una serie de 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> : Planteamiento del trabajo, seguimiento y orientación por grupos. Exposición oral	2
		<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	6
Tutorías individuales y de grupo	Las tutorías serán individuales o de grupo con objeto de realizar un seguimiento individualizado y/o grupal del aprendizaje. Revisión de exámenes por grupos y motivación por el aprendizaje.	<u>Presencial</u> : Planteamiento de dudas en horario de tutorías.	5
Realización de exámenes oficiales	Acorde a la Normativa vigente.	<u>Presencial</u> : Realización de prueba escrita	4.5
			112.5

7. Metodología de evaluación

7.1. Metodología de evaluación*

Actividad	Tipo		Sistema y criterios de evaluación*	Peso (%)	Resultados (4.5) evaluados
	Sumativa*	Formativa*			
Prueba escrita individual (PEI)⁽¹⁾ (90 %)	X		Cuestiones Teórico/Prácticas⁽²⁾: 4 problemas de media o larga extensión. Se evalúa principalmente la capacidad de aplicar conocimientos a la práctica y la capacidad de análisis y el manejo del software.	70%	R1-R8
			Cuestiones Teóricas: 2 problemas o preguntas mediante los cuales se pretende evaluar la comprensión de los conceptos teóricos y la adquisición de las habilidades previstas.	20%	
Seminarios de problemas (10%)	X	X	Se realizará UNA sesión de seminario de problemas. Los alumnos trabajando de forma individual y presencial resuelven una serie de problemas. Se evalúa la resolución de los problemas mediante el software utilizado y la descripción formal de la solución.	10%	R1-R8
1) Para superar la asignatura, es necesaria una calificación mínima de 50 sobre 100 en esta prueba final. 2) En los exámenes se utilizarán exclusivamente los equipos informáticos propios del CUD sin que sea posible la utilización de ordenadores personales.					
Nota.- Se entiende que se supera la asignatura si la puntuación final, sumando todas las puntuaciones obtenidas en las distintas pruebas es superior a 50 sobre 100.					

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)

El seguimiento del aprendizaje se realizará mediante las siguientes actividades:

- Resolución de problemas y cuestiones planteadas en clase
- Supervisión durante los seminarios de problemas.

Elaboración de las memorias correspondientes a los problemas propuestos en las sesiones de prácticas de laboratorio, así como la presentación de los mismos.

8 Bibliografía y recursos

8.1. Bibliografía básica*

- Taha, H. A. (2012). **Investigación de operaciones**. (9ª Edición). Ed. Pearson.
- Ragsdale, C. (2010). **Spreadsheet Modeling and Decision Analysis: A Practical Introduction to Management Science**, (7th Edition). London: South Western Education.
- Baker K.R. (2015). **Optimization Modeling with Spreadsheets**, (3rd Edition). New York: John Wiley Eds.
- Eppen G. y F. Gould (2000): **Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa**. Prentice Hall.
- G.D. Eppen, F.J. Gould, C.P. Schmidt, Jeffrey H. Moore, and Larry R. Weatherford, (1998). **Introductory Management Science: Decision Modeling with Spreadsheets**, (5th Edition), Prentice-Hall.
- Hillier, F. y Lieberman, G. J. **Introducción a la investigación de operaciones**. Ed. McGraw-Hill.

8.2. Bibliografía complementaria*

- Anderson, D. R., Sweeney, D. J. y Williams, T. A. (1998). **Métodos cuantitativos para los negocios**. (7ª Edición). Mexico: Ed. Thomson.
- Baker K.R., Powell S.G. (2010). **Management Science: The Art of Modeling with Spreadsheets**, (4th Edition). New York: John Wiley Eds.
- Winston W.L. (1990) **Operations Research: Applications and Algorithms**, (3rd Edition). Duxbury Press.
- 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 de la asignatura.