

30113 - Investigación operativa

Información del Plan Docente

Año académico	2016/17
Centro académico	175 - Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia 179 - Centro Universitario de la Defensa - Zaragoza
Titulación	457 - Graduado en Ingeniería de Organización Industrial 563 - Graduado en Ingeniería de Organización Industrial 425 - Graduado en Ingeniería de Organización Industrial
Créditos	6.0
Curso	2
Periodo de impartición	Semestral
Clase de asignatura	Obligatoria
Módulo	---

1. Información Básica

1.1. Recomendaciones para cursar esta asignatura

Es recomendable que el estudiante posea conocimientos básicos de Álgebra Lineal y nociones básicas de Estadística. Asimismo es altamente valorable que este familiarizado con el uso de programas de cálculo simbólico y numérico.

1.2. Actividades y fechas clave de la asignatura

La impartición de las clases será a lo largo de las 15 semanas lectivas, se tratarán conceptos teóricos que serán reforzados con la aplicación práctica en resolución de ejercicios y análisis de casos prácticos mediante el uso de herramientas de tipo informático. Se realizarán pruebas escritas sobre las materias de programación lineal, optimización en redes y teoría de la decisión a lo largo del curso. Además, se realizarán tareas aplicadas sobre modelización y optimización. El trabajo en el aula también será evaluado mediante un seguimiento de tipo continuado.

La descripción detallada de las actividades que se realizarán se incluye en el apartado 5.2.

2. Inicio

2.1. Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados

- Identificar y formular modelos de investigación operativa a partir de la descripción verbal del sistema real.
- Manejar los fundamentos matemáticos necesarios para la resolución de problemas de optimización.
- Justificar el modelo elegido y la técnica de resolución empleada dado un problema de optimización.
- Utilizar programas informáticos para la resolución de los modelos propuestos.
- Elaborar un informe que presente el modelo y la técnica de resolución, analice los resultados, y proponga las recomendaciones, en lenguaje comprensible para la toma de decisiones en procesos de gestión y organización industrial.

2.2. Introducción

Breve presentación de la asignatura.

La asignatura está diseñada como una introducción a la teoría de la optimización y un acercamiento a la simulación de

30113 - Investigación operativa

sistemas y toma de decisiones. Se engloba dentro de los créditos de formación básica de un ingeniero. Se recogen contenidos esenciales de investigación operativa como programación lineal, modelos de flujo en redes o técnicas de decisión multicriterio.

La asignatura tiene un enfoque claramente práctico al ser la Investigación Operativa una materia de carácter aplicado dentro del ámbito de la Ingeniería.

3.Contexto y competencias

3.1.Objetivos

La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

La asignatura recoge diversas técnicas cuantitativas encaminadas a la toma de decisiones en el ámbito de la logística y la producción. El desarrollo de estas técnicas se presenta al alumno con la mayor simplificación del aparato matemático posible, incidiendo en los aspectos aplicados con el uso de herramientas de tipo informático.

La modelización de problemas reales y su resolución mediante la teoría de la optimización introduce al alumno en la toma de decisiones.

Se persigue que el alumno sea capaz de identificar, analizar, formular y resolver problemas reales de decisión relacionados con la organización y gestión de sistemas productivos.

Será fundamental que el alumno adquiera la capacidad para determinar la mejor estrategia de actuación con el fin de mejorar el funcionamiento de un sistema y saber tomar decisiones a partir de la solución de un problema.

Se persigue un carácter práctico en el curso, donde prima la resolución de problemas y el manejo de herramientas informáticas básicas sobre el desarrollo exhaustivo de contenidos matemáticos relacionados con los temas propuestos.

3.2.Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura es obligatoria y forma parte de la formación básica de los estudiantes. Forma parte del segundo curso del plan de estudios del Grado de Ingeniería en Organización Industrial, lo que supone que el estudiante ha adquirido formación en los resultados de aprendizaje en la asignatura Matemáticas I, Matemáticas II y Estadística. Además, la Investigación Operativa proporciona destrezas en herramientas que serán de utilidad en distintas asignaturas de cursos posteriores.

Casi todas las salidas profesionales de un ingeniero en organización industrial, involucran procesos de tomas de decisiones, además de requerir una cierta destreza en el conocimiento de modelos matemáticos básicos. Por todo ello, es necesaria una formación básica en la "ciencia de las decisiones": la Investigación Operativa. La Investigación de Operaciones ha tenido un impacto impresionante en la mejora de la eficiencia de numerosas y diversas organizaciones en todo el mundo. Se podrían citar sus aportaciones a los problemas de producción, al uso eficiente de materiales y fiabilidad de los mismos, a la investigación básica y al desarrollo de nuevos productos. Como en las demás ciencias, la Investigación de Operaciones viene a ser una herramienta vital para los ingenieros, ya que les permite comprender fenómenos sujetos a variaciones y predecirlos o controlarlos de forma eficaz.

3.3.Competencias

Al superar la asignatura, el estudiante adquiere las siguientes competencias:

- Capacidad para resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.

30113 - Investigación operativa

- Capacidad para comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en castellano.
- Capacidad para trabajar en un grupo multidisciplinar y en un entorno multilingüe.
- Capacidad para aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.
- Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: estadística y optimización.
- Conocimientos y capacidades para aplicar métodos cuantitativos de decisión en las organizaciones.

3.4.Importancia de los resultados de aprendizaje

La investigación de operaciones es una manera de abordar la toma de decisiones, que se basa en el método científico y que utiliza el análisis cuantitativo. La investigación de operaciones se aplica a problemas que se refieren a la conducción y coordinación de actividades dentro de una organización. Se ha aplicado de manera extensa en áreas tan diversas como el transporte, la producción o los servicios públicos, por nombrar algunas. La formulación del problema, la construcción de un modelo matemático que resuma la esencia del problema real, y la validez de dicho modelo son aspectos fundamentales en la optimización de recursos. Justificar el modelo elegido y la técnica de resolución empleada dado un problema de optimización, es lo que da validez al propio resultado y permite la mejora en el sistema.

4.Evaluación

PERFIL EMPRESA

Actividades de evaluación específicas

Pruebas escritas:

A lo largo del curso se realizarán dos pruebas escritas. Versarán sobre aspectos teóricos y/o prácticos de la asignatura. Su peso en la calificación es del 65%. Los resultados de aprendizaje con los que están relacionados son el 1, 2, 3 y 4.

En las pruebas escritas se evaluará:

- el entendimiento de los conceptos matemáticos usados para resolver los problemas
- el uso de estrategias y procedimientos eficientes en su resolución
- explicaciones claras y detalladas
- la ausencia de errores matemáticos en el desarrollo y las soluciones
- uso correcto de la terminología y notación
- exposición ordenada, clara y organizada

Trabajo individual :

El alumno deberá entregar un trabajo individual. El profesor podrá exigir la defensa oral del trabajo por parte del alumno. Su peso en la nota final será de un 15%. Los resultados de aprendizaje con los que están relacionados son el 1,2, 3 , 4 y 5.

En el trabajo individual se evaluará:

30113 - Investigación operativa

- el dominio y uso correcto de los comandos del software matemático necesarios para resolver los problemas
- la correcta resolución de los problema y los métodos y estrategias matemáticas empleadas
- el detalle del código utilizado en la resolución de los problemas
- la correcta interpretación de los resultados obtenidos
- la capacidad para seleccionar el método más apropiado
- explicaciones y/o razonamientos claros y detallados a las preguntas realizadas
- el resultado y calidad final del trabajo
- la calidad y coordinación en la exposición del mismo
- el lenguaje matemático utilizado
- la calidad de las fuentes bibliográficas

Controles participativos :

A lo largo del curso el alumno realizara 4 controles de tipo participativo valorados en un 5% de la nota final, que consistirán en la realización de ejercicios de tipo práctico o cuestionarios evaluativos programados a través de la plataforma virtual moodle. Los resultados de aprendizaje con los que están relacionados son el 1, 2, 3 y 4.

En los controles participativos se evaluará:

- el entendimiento de los conceptos matemáticos usados para resolver los problemas
- el uso de estrategias y procedimientos eficientes en su resolución
- explicaciones claras y detalladas
- la ausencia de errores matemáticos en el desarrollo y las soluciones
- uso correcto de la terminología y notación
- exposición ordenada, clara y organizada

30113 - Investigación operativa

Evaluación global .

Los alumnos que no hayan superado la asignatura con el sistema de calificación continuada, deberán realizar en las convocatorias oficiales una prueba escrita de carácter obligatorio equivalente a las pruebas escritas y los controles participativos descritos en el punto 1 y 3, cuyo peso en la nota final será del 85%, además deberá presentar el trabajo individual que se le hayan adjudicado a lo largo del curso siendo su peso un 15% de la nota final.

PERFIL DEFENSA

En este apartado se incluye la descripción de las actividades que forman parte de la evaluación de la asignatura de investigación operativa en el Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza. Además de la descripción de estas actividades también se incluye el peso de cada una de ellas en la calificación final.

Actividades de evaluación.

- Pruebas teórico-prácticas.

Estas pruebas consisten en preguntas sobre la teoría y problemas de la materia impartida en la asignatura. En concreto estas pruebas consisten en las dos actividades siguientes.

- o Examen parcial (40 % de la nota final).
- o Examen final (40 % de la nota final).
- Trabajos prácticos (20 % de la nota final)

Bajo este epígrafe se incluyen una serie de trabajos que forman parte de la evaluación continua de la asignatura.

En estas pruebas prácticas se incluyen trabajos con herramientas informáticas, controles participativos, actividades evaluables, entrega de trabajos en los que se apliquen los contenidos teóricos explicados en las sesiones magistrales y/o exposición en clase. Se indicará a los alumnos con la antelación suficiente el carácter evaluable o no de cada actividad realizada en el aula.

Entre estos trabajos prácticos destacan los siguientes:

- o Actividad individual sobre programación lineal y programación multicriterio. Para realizar esta actividad se propone un texto en inglés y los alumnos deben presentar un trabajo escrito en lengua inglesa, con la resolución del problema planteado.
- o Actividad en grupo que muestre una aplicación real de los contenidos de la asignatura y que muestre la relación entre los diferentes bloques de la misma. El tamaño de los grupos se determinará en función del número de alumnos de cada clase, serán grupos de entre 4 y 6 alumnos.

En todas estas actividades se evaluará:

- El entendimiento de los conceptos usados para resolver los problemas.
- La ausencia de errores matemáticos en el desarrollo y las soluciones.
- El uso correcto de la terminología y la notación.
- Exposición ordenada, clara y organizada.
- Explicaciones claras y detalladas.
- La correcta interpretación de los resultados obtenidos.
- La capacidad para seleccionar el método más adecuado para resolver cada problema.
- La actitud mostrada durante el desarrollo del trabajo/actividad, siempre que esta sea una actividad presencial.
- La forma de transmitir y expresar los resultados obtenidos, bien de forma oral o mediante un documento escrito.

Fórmula de calificación

30113 - Investigación operativa

La fórmula de evaluación será diferente en primera y segunda convocatoria de cada curso. A continuación se detalla cada una de estas fórmulas de evaluación.

Primera convocatoria (junio)

- **Si $N_{\text{Parcial}} \geq 5$.** Los alumnos que superen el examen parcial no tienen que volver a examinarse de los temas ya evaluados durante el parcial en el examen final. En este caso la nota final de la asignatura sigue la siguiente fórmula.

$$NF = 0.2 \cdot N_{\text{evaluación continua}} + 0.4 \cdot N_{\text{Parcial}} + 0.4 \cdot N_{\text{final}}$$

- **Si $N_{\text{Parcial}} < 5$.** Los alumnos que no superen el examen parcial deben examinarse de todos los temas en el examen final.

$$NF = 0.2 \cdot N_{\text{evaluación continua}} + 0.8 \cdot N_{\text{final}}$$

En estas expresiones cada término se valora sobre 10 puntos y representa:

NF: Nota Final de la asignatura, una vez realizadas todas las pruebas.

$N_{\text{evaluación continua}}$: calificación obtenida en las actividades prácticas desarrolladas durante el curso.

N_{Parcial} : calificación obtenida en el examen parcial que se realiza durante el cuatrimestre.

N_{final} : calificación obtenida en el examen final de junio.

Para aprobar la asignatura en la convocatoria de junio es necesario obtener una calificación igual o superior a 5 en NF.

Segunda convocatoria (agosto)

Si un alumno no supera la asignatura en junio, en la convocatoria de agosto el alumno debe examinarse del 100 % de la asignatura, siendo su calificación igual a la calificación obtenida en el examen. No se conservan las calificaciones de la evaluación continua.

5.Actividades y recursos

5.1.Presentación metodológica general

PERFIL EMPRESA

El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

La asignatura está diseñada como una introducción a la teoría de la optimización y un acercamiento a la simulación de sistemas y toma de decisiones. Se engloba dentro de los créditos de formación básica de un ingeniero. Se recogen contenidos esenciales de investigación operativa como programación lineal, modelos de flujo en redes o técnicas de decisión multicriterio.

La asignatura tiene un enfoque claramente práctico al ser la Investigación Operativa una materia de carácter aplicado dentro del ámbito de la Ingeniería.

30113 - Investigación operativa

PERFIL DEFENSA

El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

1. La presentación de los contenidos de la asignatura en clases magistrales por parte del profesorado.
2. La resolución, por parte del alumnado, de problemas planteados en clase.
3. El estudio personal de la asignatura por parte del alumnado.
4. El desarrollo de prácticas, por parte del alumnado y guiadas por el profesorado, que desarrollan y complementan los conocimientos teóricos. Estas actividades prácticas pueden ser tanto actividades individuales como grupales.

En el ADD estarán disponibles los contenidos teórico - prácticos básicos, la relación de problemas, los guiones de las prácticas de ordenador así como el material complementario de apoyo a la asignatura.

5.2.Actividades de aprendizaje

PERFIL EMPRESA

El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

La asignatura se articula con 4 horas de clase presencial a la semana durante las 15 semanas que dura el cuatrimestre. Todas las horas se imparten en el aula de informática, donde se imparten conceptos teóricos que son reforzados con el trabajo práctico mediante el uso de programas de análisis estadístico.

La asignatura se articula con 4 horas de clase presencial a la semana durante las 15 semanas que dura el cuatrimestre. Todas las horas se imparten en el aula de informática, se imparten conceptos teóricos que son reforzados con el trabajo práctico mediante el uso de programas de análisis estadístico.

Trabajo autónomo tutorizado: 2 horas semanales durante 12 semanas donde el alumno trabaja de forma autónoma en el aula de informática en la realización de trabajos.

Trabajo personal: 60 horas.

PERFIL DEFENSA

En lo que se refiere al tipo de actividades, la asignatura comprende actividades presenciales y no presenciales.

Las actividades presenciales se clasifican en los siguientes tipos:

- Clase magistral.
- Resolución de problemas y casos.
- Prácticas con ordenador.

Las actividades no presenciales serán de los siguientes tipos:

- Trabajos prácticos, tanto individuales como en grupo.
- Estudio autónomo del alumno.

5.3.Programa

PERFIL EMPRESA

- Introducción a la optimización: Fases de un estudio de optimización: Análisis y definición del problema, formulación, solución y validación del modelo, puesta en práctica de la solución. Características de un problema de optimización: Objetivo, Variables, restricciones, datos, solución.
- Programación lineal: Formulación del Problema de programación lineal (PPL), solución gráfica del PPL, Forma canónica y forma standard. Matriz básica, programa básico óptimo. Algoritmo simplex. Método de las

30113 - Investigación operativa

penalizaciones, método de las dos fases. El problema dual: formulación, programación de la producción y precios sombra. Análisis de sensibilidad: vector de disponibilidades, vector de costes, introducción de una nueva actividad, introducción de una nueva restricción.

- Flujo en redes: Redes: vértice, arco, flujo, bucle, camino, cadena, circuito, ciclo, árbol. Matriz de coste y de adyacencia. El problema de la ruta mas corta. Algoritmo de Dijkstra. El problema del flujo máximo. Algoritmo de Ford y Fulkerson. El problema del árbol de expansión mínimo. Algoritmo de Kruskal. El problema del flujo de coste mínimo. El problema del transporte. El problema de asignación
- Teoría de la decisión con incertidumbre o riesgo: Estados de la naturaleza. Alternativas o decisiones. Tabla de decisión. Criterio del valor esperado, de lo mas probable, escenario medio, de Wald o minimax o maximin o pesimista, optimista, Hurwicz, de Savage o costes de oportunidad. Árboles de decisión: nodos de azar y nodos de decisión
- Decisión multicriterio: Atributo, objetivo, nivel de aspiración, meta, criterio. Alternativa eficiente o pareto óptima. Conjunto eficiente. Matriz de pagos. Método de las ponderaciones. Método de las e restricciones. Programación compromiso. Métodos satisficentes: programación por metas ponderadas, minimax, lexicográfica.
- Teoría de juegos: Estrategias y pagos. Juegos cooperativos y no cooperativos. Equilibrio de Nash. Estrategias mixtas. Estrategias dominadas

PERFIL DEFENSA

El contenido del curso se puede desglosar en los siguientes temas.

- Metodología de la Investigación Operativa.
- Programación lineal.
 - o Métodos de resolución: gráfico, simplex, M-grande, dos fases, simplex dual, etc.
 - o Dualidad.
 - o Análisis de sensibilidad.
- Métodos de programación lineal multicriterio.
 - o Modelado de problemas multicriterio.
 - o Métodos de resolución: lexicográfico, ponderaciones, programación por metas, etc.
 - o Interpretación de resultados.
- Programación entera.
- Teoría de grafos
 - o Introducción a la teoría de grafos.
 - o Problema de la ruta más corta.
 - o Árbol de expansión mínima.
 - o Flujo máximo en redes.
 - o Problemas de asignación.
 - o Teoría de grafos y método simplex. Problemas de transporte y asignación.
- Teoría de juegos.
 - o Clasificación y representación de juegos.
 - o Estrategias. Dominación y puntos de silla.
- Programación dinámica.

5.4. Planificación y calendario

PERFIL EMPRESA

Los contenidos

- Metodología de la Investigación Operativa.
- Programación lineal: métodos de resolución, dualidad y análisis de sensibilidad.
- Modelos de flujo en redes.
- Técnicas de decisión multicriterio.
- Análisis de decisiones en entornos de incertidumbre y de riesgo.
- Teoría de juegos.

serán desarrollados a lo largo de las 15 semanas lectivas con los siguientes pesos:

1. Metodología de la Investigación Operativa. 0,5-1,5 créditos
2. Problemas de optimización lineales 2,5-3,5 créditos
3. Técnicas de decisión multicriterio 0,5-1,5 créditos
4. Análisis de decisiones en presencia de incertidumbre 1-2 créditos

Una planificación mas detallada será publicada en la página web de la Escuela.

30113 - Investigación operativa

Los contenidos serán desarrollados a lo largo de las 15 semanas lectivas con los siguientes pesos:

1. Metodología de la Investigación Operativa. 0,5-1,5 créditos
2. Problemas de optimización lineales 2,5-3,5 créditos
3. Técnicas de decisión multicriterio 0,5-1,5 créditos
4. Análisis de decisiones en presencia de incertidumbre 1-2 créditos

PERFIL DEFENSA

Antes del inicio del semestre correspondiente, los profesores de la asignatura hacen público a sus alumnos el calendario de actividades a través de la plataforma Moodle que pueden consultar autenticándose con su usuario y contraseña en la dirección <http://moodle2.unizar.es> Allí encontrarán el programa detallado de la asignatura, los materiales y bibliografía recomendada y otras recomendaciones para cursarla. También se puede encontrar información como calendarios y horarios a través de la página web del Centro Universitario de la Defensa: <http://cud.unizar.es> .

5.5.Bibliografía y recursos recomendados

PERFIL EMPRESA

- Taha, Hamdy A.. Investigación de operaciones / Hamdy A. Taha; traducción Virgilio González Porro . - 7ª ed. México [etc.] : Pearson Educación, 2004
- Hillier, Frederick S.. Investigación de Operaciones / Frederick S. Hillier, Gerald J. Lieberman ; Casos desarrollados por Karl Schmedders y Molly Stephens ; Tutorial de software desarrollado por Mark Hillier y Michael O'Sullivan . - 7a ed. México [etc.] : McGraw-Hill, 2001
- Bazaraa, Mokhtar S.. Programación lineal y flujo en redes / Mokhtar S. Bazaraa , John J. Jarvis . - 2a. ed. México : Limusa, op. 1998
- Problemas de investigación operativa / Sixto Ríos Insúa. Problemas de investigación operativa / Sixto Ríos Insúa...[et al.]. - 1ªedición Madrid : Rama, 2006
- Castillo,E.. Formulación y resolución de modelos de programación matemática en ingeniería y ciencia / Enrique Castillo. - 1-ªedición Universidad de Castilla-La Mancha, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, 2002

PERFIL DEFENSA

- Ahuja, R. K., Magnanti, T. L., & Orlin, J. B. (1993). *Network Flows : Theory, Algorithms, and Applications*. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall, cop.
- Avendaño, M., Dena, A., Lozano, A., & Molina, V. (2014). *Investigación Operativa* (Vol. 16). Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.
- Bazaraa, M. S., Sherali, H. D., & Jarvis, J. J. (2005). *Linear programming and network flows*. Ed.: 3rd ed. Hoboken, NJ : Wiley.
- Bazaraa, M. S., Sherali, H. D., & Shetty, C. M. (2006). *Nonlinear Programming : Theory and Algorithms*. Ed.: 3rd ed. Hoboken, N.J. : Wiley-Interscience.
- Brickman, L. (1989). *Mathematical introduction to linear programming and game theory*. Springer-Verlag, New York.
- González-Díaz, J., García-Jurado, I., & Fiestras-Janeiro, M. (2010). *An introductory course on mathematical game theory*. Amer Mathematical Society (Graduate Studies in Mathematics).
- Owen, G. (2013). *Game theory*. Emerald Group Publishing Limited, Bingley.

30113 - Investigación operativa

- Ríos Insua, S. (1993). *Investigación operativa : optimización*. Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces.
- Straffin, P. D. (1993). *Game Theory and Strategy*. Washington: Mathematical Association of America. .
- Taha, H. A. (2012). *Investigacion de Operaciones*. (R. N. Salas, Trans.) México: Pearson.