



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Informáticos

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

105000036 - Investigacion Operativa

PLAN DE ESTUDIOS

10II - Grado En Ingenieria Informatica

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

| | |
|--|----|
| 1. Datos descriptivos..... | 1 |
| 2. Profesorado..... | 1 |
| 3. Conocimientos previos recomendados..... | 2 |
| 4. Competencias y resultados de aprendizaje..... | 2 |
| 5. Descripción de la asignatura y temario..... | 3 |
| 6. Cronograma..... | 5 |
| 7. Actividades y criterios de evaluación..... | 8 |
| 8. Recursos didácticos..... | 11 |
| 9. Otra información..... | 12 |

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

| | |
|--|--|
| Nombre de la asignatura | 105000036 - Investigacion Operativa |
| No de créditos | 6 ECTS |
| Carácter | Optativa |
| Curso | Tercero curso |
| Semestre | Quinto semestre |
| Período de impartición | Septiembre-Enero |
| Idioma de impartición | Castellano |
| Titulación | 10II - Grado en Ingenieria Informatica |
| Centro responsable de la titulación | 10 - E.T.S. De Ingenieros Informáticos |
| Curso académico | 2025-26 |

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

| Nombre | Despacho | Correo electrónico | Horario de tutorías * |
|---|-----------------|---------------------------|---------------------------------|
| Alfonso Mateos Caballero (Coordinador/a) | 2104 | alfonso.mateos@upm.es | Sin horario. |
| Antonio Jimenez Martin | 2110 | antonio.jimenez@upm.es | Sin horario. |
| Laura Melgar Garcia | 3205 | laura.melgar@upm.es | Sin horario. |

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Probabilidades Y Estadística I
- Probabilidades Y Estadística II
- Algebra Lineal

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado en Ingeniería Informática no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CG-1/21 - Capacidad de resolución de problemas aplicando conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.

CG-6 - Capacidad de abstracción, análisis y síntesis

CG-7:10/16/17 - Capacidad para trabajar dentro de un equipo, organizando, planificando, tomando decisiones, negociando y resolviendo conflictos, relacionándose, y criticando y haciendo autocrítica

Ce 12/16 - Conocer los campos de aplicación de la informática, y tener una apreciación de la necesidad de poseer unos conocimientos técnicos profundos en ciertas áreas de aplicación; apreciación del grado de esta necesidad en, por lo menos, una situación.

Ce 19/20 - Conocimiento de los tipos apropiados de soluciones, y comprensión de la complejidad de los problemas informáticos y la viabilidad de su solución.

4.2. Resultados del aprendizaje

RA435 - Modelizar, resolver y analizar la sensibilidad de problemas de programación lineal continua

RA438 - Modelizar y resolver problemas de programación lineal multiobjetivo

RA436 - Modelizar y resolver con el método correspondiente distintos problemas de optimización en redes

RA437 - Modelizar y resolver problemas de programación lineal entera

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

Los objetivos generales de la asignatura Investigación Operativa son los siguientes:

- Entender la Investigación Operativa como una herramienta para la ayuda de toma de decisiones.
- Conocer el amplio campo de acción de la Investigación Operativa en la resolución de problemas.
- Saber construir un modelo matemático que permita describir una determinada situación de forma apropiada (modelización del problema).
- Introducir el proceso de solución que se debe seguir al tratar de resolver un problema por medio de las técnicas de Investigación Operativa.
- Comprender las ideas básicas que están detrás de los algoritmos, sin tener que aprender necesariamente todos los detalles matemáticos.
- Ilustrar la resolución de problemas reales.
- Identificar la técnica o técnicas que se adapten a la solución del problema planteado.
- Tener la capacidad de construir programas que apliquen los métodos estudiados para la resolución de problemas reales.
- Interpretar correctamente los resultados obtenidos dentro del problema concreto.
- Proporcionar una base fundamental que permita al estudiante por sí mismo entender otras técnicas no recogidas en el curso y adaptarse a un campo en evolución permanente.

5.2. Temario de la asignatura

1. Programación Lineal
 - 1.1. Formulación de Modelos
 - 1.2. El Método del Simplex
 - 1.3. Dualidad
 - 1.4. Análisis de Sensibilidad
2. Análisis en Redes
 - 2.1. El Problema de Transporte
 - 2.2. El Problema de Transbordo
 - 2.3. El Problema de Asignación
 - 2.4. Secuenciación y Control en Redes
 - 2.5. Caminos de Longitud Mínima y Máxima
 - 2.6. Flujo Máximo en Redes
 - 2.7. Árbol de Máximo Alcance
3. Programación Entera
 - 3.1. Aplicaciones de Programación Entera
 - 3.2. Enumeración Exhaustiva e Implícita
 - 3.3. Ramificación y Acotación
 - 3.4. Programación Entera Mixta
 - 3.5. Programación 0-1
 - 3.6. Método de los Planos de Corte
4. Programación Lineal Multiobjetivo
 - 4.1. Introducción a la Programación Lineal Multiobjetivo
 - 4.2. Método del Simplex Multiobjetivo
 - 4.3. Método de las ponderaciones
 - 4.4. Método de las épsilon restricciones
 - 4.5. Programación por metas

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

| Sem | Actividad tipo 1 | Actividad tipo 2 | Tele-enseñanza | Actividades de evaluación |
|-----|--|------------------|----------------|--|
| 1 | Explicación de contenidos del Tema 1 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 2 | Explicación de contenidos del Tema 1 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 3 | Resolución de ejercicios prácticos del Tema 1 Duración: 04:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | | |
| 4 | Resolución de ejercicios prácticos del Tema 1 Duración: 04:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | | |
| 5 | Explicación de contenidos del Tema 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| | Explicación de contenidos del Tema 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 6 | Explicación de contenidos del Tema 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| | Resolución de ejercicios prácticos del Tema 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 7 | Resolución de ejercicios prácticos del Tema 1 Duración: 04:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | | |
| 8 | Explicación de contenidos del Tema 2 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 9 | Explicación de contenidos del Tema 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | Examen Parcial I EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00 |
| | Resolución de ejercicios prácticos del Tema 2 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas | | | |
| | Examen Parcial 1 Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación | | | |

| | | | | |
|----|---|--|--|--|
| 10 | <p>Explicación de contenidos del Tema 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 2 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | | |
| 11 | <p>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 2 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Explicación de contenidos del Tema 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | | | |
| 12 | <p>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | | | |
| 13 | <p>Explicación de contenidos del Tema 3 Duración: 04:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> | | | <p>Realización y entrega de la 1ª Práctica en Grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 00:00</p> |
| 14 | <p>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 3 Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p>Explicación de contenidos del Tema 4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | | | |
| 15 | <p>Explicación de contenidos del Tema 4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> | | | |
| 16 | | | | |
| 17 | | | | <p>Examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación Global Presencial Duración: 02:00</p> <p>Realización y entrega de la 2ª Práctica en Grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva No presencial Duración: 00:00</p> <p>Realización y entrega de Práctica en Grupo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Global Presencial</p> |

| | | | | |
|--|--|--|--|-------------------------------------|
| | | | | Duración: 00:00 |
| | | | | Examen Parcial II |
| | | | | EX: Técnica del tipo Examen Escrito |
| | | | | Evaluación Progresiva |
| | | | | Presencial |
| | | | | Duración: 02:00 |

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

| Sem. | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|------|--|---------------------------------------|---------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 9 | Examen Parcial I | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00 | 30% | 3 / 10 | Ce 19/20 CG-1/21 Ce 12/16 |
| 13 | Realización y entrega de la 1ª Práctica en Grupo | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | Presencial | 00:00 | 20% | 3 / 10 | CG-1/21 CG-6 CG-7:10/16/17 Ce 12/16 Ce 19/20 |
| 17 | Realización y entrega de la 2ª Práctica en Grupo | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | No Presencial | 00:00 | 20% | 5 / 10 | CG-1/21 CG-6 CG-7:10/16/17 Ce 12/16 |
| 17 | Examen Parcial II | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00 | 30% | 3 / 10 | CG-1/21 Ce 12/16 Ce 19/20 |

7.1.2. Prueba evaluación global

| Sem | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|-----|--|---------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|--|
| 17 | Examen final | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00 | 60% | 5 / 10 | CG-1/21 Ce 12/16 Ce 19/20 |
| 17 | Realización y entrega de Práctica en Grupo | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | Presencial | 00:00 | 40% | 5 / 10 | CG-1/21 CG-6 CG-7:10/16/17 Ce 12/16 Ce 19/20 |

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

| Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|---|---------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|--|
| Examen Extraordinario | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 03:00 | 60% | 5 / 10 | Ce 19/20 CG-1/21 Ce 12/16 |
| Realización y Entrega de la Práctica en Grupo | TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo | Presencial | 00:00 | 40% | 5 / 10 | CG-1/21 CG-6 CG-7:10/16/17 Ce 12/16 Ce 19/20 |

7.2. Criterios de evaluación

La asignatura de Investigación Operativa se divide en una parte teórica y una parte práctica, siendo necesario superar ambas partes (sacar una nota de 5 o superior) por separado para aprobar la asignatura.

Sistema de evaluación progresiva

La parte teórica se evaluará mediante dos parciales que cuentan, cada uno, con un peso del 30% de la asignatura. Para hacer media entre los exámenes se deberá haber obtenido una calificación de al menos un 3 en cada uno de ellos.

La parte práctica se evaluará en función de las dos memorias de las prácticas entregadas que se deberán realizar por grupos. Los detalles sobre las entregas se especificarán en el Moodle de la asignatura. Para hacer media entre las prácticas se deberá haber obtenido una calificación de al menos un 3 en cada una de ellas.

Si se ha obtenido una nota inferior a un 3 en el *Examen Parcial I* o en la *1ª Práctica en Grupo*, se pierde la opción a aprobar mediante evaluación progresiva, pero se tiene derecho a presentarse a la prueba global en la Semana 17 (Exámenes). Sin embargo, si su nota está entre un 3 y un 5 puede optar entre continuar la evaluación progresiva o ser evaluado mediante la prueba final.

Para los alumnos que hayan aprobado ambas partes, teórica y práctica, su nota final será la que se obtenga de la media ponderada especificada anteriormente, siempre y cuando la media de cada parte sea, al menos, de 5.

Sistema de evaluación global

La evaluación consistirá en un examen escrito y la entrega de una o dos prácticas.

Para el examen escrito hay que considerar la siguiente casuística:

1. Alumnos que han sacado menos de un 3 en el *Examen Parcial I*, o no se presentaron, deben presentarse al *Examen Final* (hay preguntas de todo el temario).
2. Alumnos que han sacado entre un 3 y un 5, [3,5), en el *Examen Parcial I* pueden optar entre presentarse al *Examen Parcial II* o al *Examen Final*.
3. Alumnos que han sacado un 5 o más en el *Examen Parcial I* deben presentarse al *Examen Parcial II*.

Para las prácticas hay que considerar la siguiente casuística:

1. Alumnos que han sacado menos de un 3 en la *1ª Práctica en Grupo*, o no la entregaron, deberán entregar la *1ª Práctica en Grupo* corregida y la *2ª Práctica en Grupo*.
2. Alumnos que han sacado entre un 3 y un 5, [3,5), en la *1ª Práctica en Grupo* deberán entregar la *2ª Práctica en Grupo* y podrán optar por entregar la *1ª Práctica en Grupo* corregida.
3. Alumnos que han sacado un 5 o más en la *1ª Práctica en Grupo* deben entregar la *2ª Práctica en Grupo*.

Sistema de evaluación extraordinario

Las calificaciones de las actividades de evaluación superadas (con nota 5 o superior) serán guardadas durante el curso académico. Por lo tanto, para un alumno que no haya superado ninguna actividad de evaluación, la evaluación extraordinaria consistirá en un examen escrito que supondrá el 60% de la puntuación final y la entrega de una práctica que supone el 40% (que se corresponden, respectivamente, con los dos parciales y prácticas de la evaluación progresiva). Para los alumnos que no hayan superado alguna actividad de evaluación, la evaluación extraordinaria consistirá en un examen escrito para la recuperación de las actividades de evaluación por escrito no superadas o la entrega de las prácticas corregidas que no fueron evaluadas con un 5 o más.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre | Tipo | Observaciones |
|---|--------------|---|
| A. Mateos, S. Ríos Insua, A. Jiménez y Ángel J. Fernández, Investigación Operativa: Ejercicios y Aplicaciones, Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid, 2006. | Bibliografía | |
| S. Ríos Insua, A. Mateos, C. Bielza y A. Jiménez (2004), Investigación Operativa: Modelos Determinísticos y Estocásticos, Centro de Estudios Ramón Areces, Madrid. | Bibliografía | |
| S. Ríos Insua, D. Ríos Insua, A. Mateos, J. Martín y A. Jiménez (2006), Problemas de Investigación Operativa: Programación Lineal y Extensiones, RA-MA. | Bibliografía | |
| Kaufmann, A. (1972), Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones, Vol. I, II y III, CECSA, México. | Bibliografía | |
| H.A. Taha (2004), Investigación de Operaciones, Prentice Hall, México. | Bibliografía | |
| WinQSB (1998) Decision Support Software for MS/OM, Yih-Long Chang, Wiley, New York. | Bibliografía | |
| Sitio Moodle de la asignatura | Recursos web | https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=5837 |

| | | |
|--------------------|--------------|---|
| Método del Simplex | Recursos web | http://www.phpsimplex.com |
|--------------------|--------------|---|

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

Informe que detalla la evolución de la implantación de los ODS en las asignaturas de la Universidad (<https://sostenibilidad.upm.es/wp-content/uploads/sites/759/2021/03/Sostenibilidad-estudios-oficiales-UPM-2020.pdf>) y otros aspectos sobre la Docencia de los ODS.

Informe que detalla la evolución de la implantación de los ODS en las asignaturas de la Universidad (<https://sostenibilidad.upm.es/wp-content/uploads/sites/759/2021/03/Sostenibilidad-estudios-oficiales-UPM-2020.pdf>) y otros aspectos sobre la Docencia de los ODS.

Los principales ODS relacionados con Investigación Operativa son:

1. **ODS 9: Industria, innovación e infraestructura.** La IO permite optimizar procesos industriales, cadenas de suministro, producción, transporte y logística. Por ejemplo, los modelos de programación lineal o entera para mejorar la eficiencia en el uso de recursos o transporte de mercancías.
2. **ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles.** Se aplican técnicas de IO para planificar rutas de transporte público, recogida de residuos, uso eficiente del suelo, o ubicación óptima de servicios. Por ejemplo, algoritmos de rutas mínimas para camiones de basura.
3. **ODS 12: Producción y consumo responsable.** La IO se utiliza para diseñar sistemas de producción más eficiente y sostenibles, minimizando desperdicios o el impacto ambiental. Por ejemplo, modelos de optimización multiobjetivo para minimizar costes y emisiones contaminantes.
4. **ODS 13: Modelos de optimización pueden aplicarse a la gestión energética, planificación de energías renovables o reducción de emisiones.** Por ejemplo, programación lineal para planificar el mix energético diario de una red eléctrica sostenible.
5. **ODS 3: Salud y bienestar.** La IO se aplica en planificación hospitalaria, asignación de turnos, logística de ambulancias o distribución de vacunas. Por ejemplo, problemas de asignación para optimizar quirófanos.
6. **ODS 2: Hambre cero. Optimización en agricultura, distribución de alimentos y logística humanitaria pueden mejorar la seguridad alimentaria.** Por ejemplo, modelos de flujo para distribuir alimentos en zonas afectadas por crisis.

La Investigación Operativa es una disciplina que aplica métodos analíticos avanzados para ayudar a tomar mejores decisiones. Dada su naturaleza práctica y su fuerte componente de resolución de problemas, las técnicas de aprendizaje más efectivas son aquellas que fomentan la aplicación, el pensamiento crítico y la interacción. Concretamente en esta asignatura usamos:

1. **Aprendizaje Basado en Problemas y Proyectos (ABP).** La IO se trata de resolver problemas del mundo real. El ABP permite a los estudiantes abordar desafíos complejos, formulando el problema, construyendo modelos, encontrando soluciones y verificándolas. Esto simula las etapas de un estudio de investigación operativa real, fomentando el pensamiento crítico, el trabajo en equipo y la aplicación de los conocimientos teóricos. Presenta a los estudiantes escenarios empresariales o industriales realistas que requieran la aplicación de técnicas de IO (por ejemplo, optimización de rutas de entrega, gestión de inventario, asignación de recursos). Se les pide que trabajen en grupos para definir el problema, construir un modelo matemático, utilizar software para resolverlo, interpretar los resultados y proponer soluciones.
2. **Uso intensivo de Software y Herramientas Computacionales.** En la práctica, la IO se apoya en gran medida en software especializado. Exponer a los estudiantes a estas herramientas desde el principio los prepara para el mundo profesional y les permite abordar problemas de mayor escala y complejidad. Integra herramientas como Microsoft Excel Solver, R, Python (con librerías como SciPy, PuLP, Gurobi) o LINGO.
3. **Enfoque en la Formulación del Problema.** Un error común es que los estudiantes se centren solo en la solución algorítmica sin comprender completamente cómo se formula un problema de IO. La formulación correcta es el primer paso crítico en cualquier proyecto de IO. Se dedica tiempo específico a practicar la traducción de descripciones verbales de problemas en modelos matemáticos (variables de decisión, función objetivo, restricciones). Esto puede hacerse a través de ejercicios en clase, tareas y discusiones grupales.