



Guía Docente

PROGRAMACIÓN ENTERA (47088)

Plan 549 Grado en Estadística

Curso 2016/2017

Curso: 2º

Cuatrimestre: 2º

Carácter: **Obligatoria**

Créditos: **6 ECTS**

Departamento responsable: **Estadística e Investigación Operativa**

Profesor: **Jesús Sáez Aguado**

e-mail: jsaez@eio.uva.es

web personal: <http://www.eio.uva.es/infor/personas/jsaez.html>

INTRODUCCIÓN

Esta asignatura constituye una continuación natural de la asignatura de Investigación Operativa que se explica en primer curso del Grado en Estadística, aunque no es la única continuación posible.

Así como en la asignatura de Introducción a la Investigación Operativa de primer curso existe un único centro de gravedad (que es la introducción general a la resolución de problemas de Programación Lineal cuando las variables de decisión son continuas), en la asignatura de Programación Entera, podemos decir que existen dos focos o campos de referencia:

- (i) el estudio de problemas de optimización de flujos en redes (Network Flow). Nos centraremos en aspectos de modelización, estudiando diferentes problemas aplicados al ámbito del transporte y la distribución de productos, y en la resolución de los mismos mediante algoritmos exactos (simplex) y heurísticos.
- (ii) el estudio de problemas de Programación Lineal Entera, es decir, problemas de optimización lineal en los cuales algunas o todas las variables están restringidas a ser enteras o binarias. Además, en determinadas situaciones ambos campos se combinan. En esta parte se hará incapié especial en el uso de variables binarias para la modelización de restricciones lógicas y en el estudio de diferentes problemas de optimización combinatorial de uso frecuente en aplicaciones reales. Además, se hará una introducción al algoritmo básico para la resolución de problemas de programación lineal entera (algoritmo branch and bound) y una introducción a los métodos heurísticos de resolución de este tipo de problemas.

Todos los modelos y algoritmos vistos a lo largo de la asignatura serán implementados en el lenguaje Mosel para su resolución, o bien exacta con Xpress-Optimizer o bien directa con Mosel o cualquier otro lenguaje.

TEMAS A DESARROLLAR EN EL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

TEMARIO DETALLADO

Parte 1: Optimización en redes.

- Problemas de transporte. Ejemplo. Formulación general. Propiedades. Reglas heurísticas para encontrar soluciones factibles. Variantes del problema de transporte. Programación en Mosel.
- El problema general de flujo con coste mínimo en redes (Network Flow). Ejemplo. Formulación general. Propiedades. Otros ejemplos. Programación en Mosel.
- Los problemas de flujo máximo y de camino más corto. Ejemplos, formulaciones y aplicaciones. Programación en Mosel.
- Los problemas de flujo en redes multiproducto. Ejemplos y formulación general. Transporte entre pares de Orígenes/Destinos. Programación en Mosel.

Parte 2: Programación Entera.

- Introducción. Variables binarias y variables enteras. Clasificación y formulación de problemas de programación entera.
- Modelización con variables binarias. Principios generales y ejemplos variados de restricciones lógicas.
- Relajaciones en programación entera y sus usos. Principios generales sobre relajaciones. Algoritmos de planos de corte.
- Introducción a los métodos heurísticos. Heurísticas de construcción greedy, random greedy y greedy aleatorizado.
- Algoritmos Branch-and-Bound y Branch-and-Cut para problemas de Programación Entera.
- Problemas de asignación. El problema clásico de asignación y el de asignación generalizada.
- Problemas de cargas y empaquetamiento. Problemas tipo mochila (Knapsack). Ejemplos y formulaciones. Heurística greedy. Problemas de empaquetamiento (Bin packing). Heurística FFD y programación en Mosel.
- Problemas con costos fijos. Ejemplos y formulaciones generales. Introducción a los problemas de diseño de redes: redes con costos fijos. Programación en Mosel.
- Introducción a los problemas de localización. Localización con costos fijos (problemas UFLP, CFCLP y SSCFLP).
- Problemas de cobertura de conjuntos (Set Covering). Formulación de los problemas de Set Covering y Set Partitioning. Aplicaciones variadas. Programación en Mosel.

- Problemas de programación de tareas (Scheduling) en una máquina o procesador. Formulaciones disyuntiva y con índices de tiempo.
- Economías de escala y funciones lineales a trozos. El modelo incremental. Otras formulaciones.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica:

BAZARAA, JARVIS & SHERALI (1998). *Programación Lineal y Flujo en Redes*. (Ed. Limusa)

G. GHIANI, G. LAPORTE, R. MUSMANNO , *Introduction to logistics systems planning and control* , John Wiley & Sons, cop. 2004

C. GUÉRET, C. PRINS y M. SEVAUX, *Applications of optimization with Xpress-MP*, Dash Optimization Ltd., 2000.

RARDIN. (1998). *Optimization in Operations Research*. (Prentice Hall)

WOLSEY (1998), *Integer Programming*, (John Wiley & Sons).

Bibliografía complementaria:

AHUJA, MAGNANTI & ORLIN *Network Flows: Theory, Algorithms and Applications*, Prentice Hall 1993.

DASKIN *Network and Discrete Location: Models, Algorithms and Applications*, Wiley 1995.

La bibliografía recomendada está a disposición de los alumnos, tanto en la **biblioteca de la Facultad** como en la **biblioteca del Departamento** de Estadística.

Por otra parte, en el Campus Virtual se encontrará a disposición del alumno apuntes sobre casi todos los temas de la asignatura, el programa Xpress-Mosel, con el que se efectuarán todas las prácticas, y diverso material.

OBJETIVOS GENERALES

- Que el alumno aprenda a seguir los diferentes pasos del proceso que va desde la descripción de un problema real a la comunicación de los resultados obtenidos en el foro que ha generado la demanda de resolución de ese trabajo. Más concretamente:
 - o Que el estudiante aprenda a **describir** con precisión problemas reales de los que se plantean en el entorno de las empresas e instituciones públicas o privadas.
 - o Que el estudiante aprenda a **formular** matemáticamente problemas asociados a situaciones reales de problemas de optimización en los cuales las redes y las variables binarias juegan un papel fundamental.
 - o En su caso, que el estudiante aprenda a **analizar** el problema planteado y sea capaz de obtener un algoritmo o una heurística para

su resolución que pueda ser implementada en cualquier lenguaje genérico.

- Que el estudiante aprenda a **resolver** los problemas previamente formulados y analizados, usando para ello el ordenador y un lenguaje de programación de los habituales en la Investigación Operativa. En este curso usaremos el lenguaje Mosel de Xpress por su flexibilidad, potencia y posibilidad de uso en el futuro profesional.
- Que el estudiante aprenda a **validar** los resultados obtenidos por medios informáticos y, en su caso, reiniciar el proceso anteriormente señalado.
- Además, el estudiante debe manejar con soltura las herramientas que le permitirán resolver los problemas que en su futuro laboral le planteen las empresas que deseen optimizar resultados.
- También es un objetivo de la asignatura, potenciar el desarrollo de varias competencias genéricas, demandadas en el ámbito profesional, como son el trabajo en equipo, la presentación de informes, la expresión oral y escrita, así como la capacidad de iniciativa y el sentido crítico.

COMPETENCIAS

Las actividades previstas en esta asignatura permitirán el desarrollo de ciertas competencias genéricas de tipo transversal, muy importantes desde el punto de vista de la formación personal y social, pero imprescindibles para llevar a cabo una buena práctica profesional. Entre ellas se pueden destacar las siguientes:

- Desarrollo de la capacidad de trabajo en equipo
- Redacción de informes
- Comunicación oral
- Capacidad de análisis y síntesis
- Razonamiento crítico
- Motivación por el trabajo bien hecho
- Capacidad de gestión de la información
- Capacidad de iniciativa
- Aprendizaje autónomo
- Desarrollo del pensamiento y del razonamiento cuantitativo
- Capacidad de abstracción

Conocimientos previos requeridos

Se usarán conocimientos de Álgebra y Geometría Lineales y de Introducción a la Investigación Operativa, que el alumno debe haber adquirido en las correspondientes asignaturas de primer curso.

METODOLOGÍA

La metodología usada en esta asignatura se apoya en las siguientes actividades.

Clases con pizarra.

- Al inicio de cada tema el profesor expondrá uno o varios problemas reales en los que se precisa la utilización de los modelos de optimización objeto de estudio en esta asignatura.
- La teoría básica necesaria será expuesta en clase por el profesor de la asignatura ilustrando su aplicación mediante ejemplos.
- La exposición teórica y la realización de ejercicios prácticos se intercalarán de modo que ambos aspectos formen un todo continuo y, en sentido estricto, no se pueda hablar de clases de teoría y clases prácticas de pizarra.

Clases en el laboratorio.

- Una vez explicado un tema del programa de teoría, se iniciará la exposición de aquellos aspectos del lenguaje de programación Mosel que son necesarios para la resolución de los modelos y/o los procedimientos heurísticos correspondientes y, a continuación, se resolverán problemas prácticos concretos.

Trabajos unipersonales y en equipo.

A lo largo del curso se irán realizando una serie de prácticas. Los alumnos podrán realizar trabajos unipersonales y en equipo dirigidos a la descripción, formulación y resolución de problemas. Para cada práctica se deberá entregar: la descripción del problema, la formulación correspondiente, las salidas obtenidas para su resolución, y el análisis y comentarios de la solución propuesta.

Tutorías.

Las **tutorías individualizadas** serán atendidas en las horas destinadas a las mismas, cuyo detalle concreto el alumno podrá consultar en la Web de la Uva. También podrán ser atendidas en otras horas previa concertación con el profesor.

En todas las actividades realizadas se llevará un **control de asistencia**.

Filosofía general.

La participación activa de los alumnos es necesaria en todos los casos, ya se trate de explicaciones de teoría, de problemas o de laboratorio.

Exámenes.

Su objetivo es comprobar que el alumno ha entendido la teoría, sabe formular problemas y es capaz de resolver los problemas formulados (bien a mano o bien usando el ordenador, según corresponda).

Exámenes parcial y final.

Forman parte de la evaluación de la asignatura. En esta asignatura se efectuará un examen al terminar la parte I de optimización sobre redes, y un examen final. Tanto este examen parcial como el final incluirán: (i) examen escrito: basado en formulación de problemas y cuestiones de modelización; y (ii) examen de prácticas: resolución de problemas con ordenador (Mosel).

EVALUACIÓN del APRENDIZAJE

La evaluación de los conocimientos y capacidades alcanzados en la asignatura por el alumno se realizará teniendo en cuenta las actividades realizadas en las clases, el examen parcial y el examen final. Se detalla a continuación el procedimiento para asignar la calificación final.

Las prácticas y actividades realizadas en las clases serán valoradas, en una escala de 1 a 10, mediante una puntuación **A**.

Los **exámenes** serán valorados, *por partes*. En esta línea se considera las siguientes posibles partes en cada examen: *Formulación y Programación*. En cada examen parcial, cada parte será valorada *independientemente* en una escala de 1 a 10.

A lo largo del curso, por medio de una media ponderada, cada alumno irá obteniendo una calificación separada en cada parte. En formulación **F** y en programación **P**. Se considerará no compensable una parte con calificación inferior a 3.

El **examen final** se realizará sobre aquellas partes no realizadas o realizadas y con una calificación inferior a 3. La puntuación de cada parte se promediará con la anterior obtenida en esa parte para obtener las nuevas puntuaciones **F1** y **P1**. La calificación final de la asignatura será:

$$\mathbf{F = 0,40 \cdot A + 0,40 \cdot F1 + 0,20 \cdot P1}$$

En la convocatoria extraordinaria.

Se contabilizará la puntuación **A** obtenida en el curso, que se promediarán con las puntuaciones **F2** y **P2** obtenidas en el examen final. La calificación final de esta convocatoria será:

$$\mathbf{F = 0,20 \cdot A + 0,50 \cdot F2 + 0,30 \cdot P2}$$

HORARIO DE CLASES y CALENDARIO DE EXÁMENES FINALES:

Consultar la página Web de la facultad.