

# **INVESTIGACIÓN OPERATIVA (GIS). Curso 2018/2019**

## **Práctica 1. OPTIMIZACIÓN LINEAL. Guía de la actividad**

### **1 Introducción**

A continuación se presenta un caso práctico. Usted, como responsable de operaciones de la empresa, debe encontrar una solución al problema planteado. Para ello deberá construir un modelo de Optimización Lineal Continua (con variables binarias) y resolverlo mediante el uso de software específico.

Con el fin de facilitar la elaboración de la práctica se ha dividido el trabajo en dos fases, cada una de las cuales dará lugar a un modeo diferente, que debe ser resuelto y la solución interpretada en términos del problema planteado.

### **2 Objetivos**

El objetivo de la práctica es profundizar en el conocimiento de la Optimización Matemática Lineal como herramienta de planificación y gestión óptima de recursos.

### **3 Competencias desarrolladas**

El desarrollo de este trabajo está encaminado a desarrollar las competencias de la asignatura. En concreto, las competencias generales trabajadas son:

- CG10. Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planificación de tareas y otros trabajos análogos de informática
- CG09. Capacidad para resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, autonomía y creatividad. Capacidad para saber comunicar y transmitir los conocimientos, habilidades y destrezas de la profesión de Ingeniero Técnico en Informática.

Entre las competencias específicas trabajadas, destacan:

- CB01. Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; cálculo diferencial e integral; métodos numéricos; algorítmica numérica; estadística y optimización.
- CE01. Capacidad para diseñar, desarrollar, seleccionar y evaluar aplicaciones y sistemas informáticos, asegurando su fiabilidad, seguridad y calidad, conforme a principios éticos y a la legislación y normativa vigente.
- CE06. Conocimiento y aplicación de los procedimientos algorítmicos básicos de las tecnologías informáticas para diseñar soluciones a problemas, analizando la idoneidad y complejidad de los algoritmos propuestos.

Además, se desarrollan competencias en el trabajo en equipo.

### **4 Materiales**

Para el desarrollo de la práctica es necesario disponer de:

- Guía de estudio, con las instrucciones precisas para el desarrollo de la misma y el enunciado del caso práctico planteado.
- Software de modelado y resolución de problemas de Optimización Lineal. En este caso, el software utilizado es GAMS ([www.gams.com](http://www.gams.com)). Su versión de estudiante (gratuita) permite resolver problemas de hasta 300 variables y restricciones.
- Editor de texto para la elaboración del informe final.

## 5 Entrega

### Grupos de entrega

El trabajo se realizará en grupos de dos o tres personas. Para apuntarse a un grupo es necesario entrar en la herramienta de *elección de grupos para la práctica 1* del campus virtual. La composición de los grupos se podrá variar hasta una semana antes del final del plazo de entrega. A partir de ese momento, cualquier cambio requiere de la aprobación de todos los componentes de los grupos implicados y del profesor.

### Plazo y medio de entrega

- La entrega del trabajo se hará en el apartado habilitado al efecto en el campus virtual antes de la fecha y hora indicada en el mismo.
- No se admitirá la entrega por cualquier otra vía que no sea la indicada en el punto anterior.
- Será suficiente con que un componente del grupo realice la entrega.

### Entregables

La entrega consistirá e tres ficheros:

1. Informe (en un documento en formato PDF) con una descripción del problema a resolver, la estrategia utilizada para obtener la solución (que incluye descripción del modelo utilizado) y la solución propuesta.

Nota: La memoria, debe incluir, entre otras cosas, el modelo matematico utilizado (no su implementación en GAMS) y la interpretación de la solución obtenida en términos del problema abordado, no sólo del modelo matemático.

2. Ficheros utilizados para la resolución del modelo:

- un único fichero de entrada con el código GAMS creado de los dos modelos, y
- el fichero de salida que proporciona el GAMS (extensión lst) al ejecutar el fichero anterior.

Nota: como en cualquier lenguaje de programación, es conveniente comentar adecuadamente el código utilizado.

El informe debe indicar claramente los componentes del grupo. Los nombres de los ficheros entregados deben seguir la siguiente regla:

GIS-IO-P1D-GrupoX-Y.(extensión)

donde la letra X hace referencia a la letra del grupo que realiza la entrega, la letra Y debe ser una secuencia formada por el primer apellido de cada uno de los componentes del grupo.

## 6 Criterios de evaluación

- La práctica se evaluará en una escala de 0 a 100 puntos.
- La calidad formal de los documentos presentados (formato, corrección, claridad de exposición, etc.) tendrá un peso en la calificación final del 20 sobre 100.
- La puntuación máxima sólo se alcanzará si el modelo planteado es correcto, la solución es correcta y se obtiene mediante *GAMS* (80 por el contenido y 20 por la calidad formal).
- Las entregas que incluyan sólo el informe con el modelo matemático utilizado (con o sin la solución) o presenten ficheros *GAMS* incompletos o con errores de compilación podrán optar a una calificación máxima de 60 sobre 100 (40 por el contenido y 20 por la calidad formal).

En la carpeta de entrega del aula virtual se puede consultar la rúbrica que se utilizará para la evaluación de la entrega.

## 7 Enunciado del caso práctico y desarrollo

### 7.1 Escenario

Una empresa petroquímica produce gasolina, gasoil y queroseno para venderlo en cuatro mercados diferentes: España, Portugal, Francia y norte de África. La materia prima, petróleo, se la compra cinco suministradores, con un precio de 57, 59, 63, 60 y 61 euros por barril (un barril=159 litros), más unos costes de transporte a la refinería. La empresa tiene tres refinerías desde las que puede atender los cuatro mercados y en las que puede recibir petróleo de los cuatro suministradores.

De un barril de petróleo crudo de cada suministrador es posible obtener los siguientes productos (en litros):

Suministrador	Gasolina	Gas-oil	Queroseno
A	72	37	12
B	82	35	14
C	69	50	8
D	79	40	10
E	80	20	15

Los contratos que ha firmado con cada suministrador, obligan a la empresa a comprar un mínimo de 100000 barriles y un máximo de 400.000 barriles diarios a cada uno de los suministradores (que pueden ser destinados a todas las refinerías).

Los costes de transporte del petróleo a cada refinería que cada suministrador añade al precio del barril se muestran en la siguiente tabla:

COSTES (euros)	refinería 1	refinería 2	refinería 3
Suministrador A	0,4	0.3	0.3
Suministrador B	0.4	0.4	0.4
Suministrador C	0.3	0.4	0.3
Suministrador D	0.3	0.5	0.5
Suministrador E	0.4	0.3	0.2

Las siguientes tablas muestran la demanda (en millones de litros) de estos productos que podría atender la empresa y los ingresos netos (en euros) obtenido por cada litro de producto vendido (precio de venta menos impuestos, costes de producción y transporte desde una refinería hasta el punto de venta).

DEMANDA	España	Portugal	Francia	N. de África
Gasolina	20	10	10	25
Gas-oil	15	6	8	10
Queroseno	10	3	4	12

Ingresos netos	España	Portugal	Francia	N. de África
Gasolina	0.7	0.65	0.80	0.75
Gas-oil	0.65	0.75	0.65	0.55
Queroseno	0.25	0.20	0.15	0.22






Cada refinería tiene un coste de manipulación de su producción (por litro de producto manipulado) que se reflejan en la siguiente tabla:

Costes	refinería 1	refinería 2	refinería 3
Gasolina	0.023	0.021	0.031
Gas-oil	0.015	0.062	0.062
Queroseno	0.010	0.033	0.041

El beneficio obtenido se obtiene restando a los ingresos netos los costes de compra, de transporte del petróleo hasta cada una de las refinerías y de manipulación en las refinerías.

## 7.2 Fase 1. Optimización de la política de compras y red de transporte

A partir de los datos anteriores, determinar el plan óptimo para la empresa, que le permita maximizar el beneficio total obtenido por la refinería. Para ello, usted, como director de operaciones de la empresa debe dar respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué cantidad debe comprar a cada suministrador? 
2. ¿Qué cantidad debe enviar a cada refinería desde cada suministrador? 
3. ¿Qué cantidad debe vender de cada producto final y cuál es el beneficio obtenido? 
4. Si la empresa tuviese la oportunidad de subir la capacidad de compra máxima de uno de los suministradores, ¿cuál debería elegir? ¿Cuál es el precio máximo que estaría interesada en pagar por cada barril que se incrementa la capacidad máxima de compra a ese suministrador? Justifique la respuesta. 
5. Si la empresa tuviese la oportunidad de reducir la capacidad de compra mínima de uno de los suministradores, ¿cuál debería elegir? ¿Cuál es el precio máximo que estaría interesada en pagar por cada barril que se reduzca la obligación mínima de compra? Justifique la respuesta. 

Para obtener la respuesta a las preguntas anteriores, usted debe construir un modelo de optimización (que no requiere del uso de variables binarias), siguiendo los siguientes pasos:

1. Identificar los elementos y parámetros del problema.
2. Definir las variables de decisión.
3. Definir la función objetivo.
4. Definir el conjunto de restricciones. No olvide incluir todas las restricciones que garantizan la relación lógica entre las variables binarias y las variables continuas.

Una vez definido el modelo matemático, debe escribirlo en lenguaje GAMS y resolverlo. Recuerde que la memoria debe incluir la descripción detallada del modelo utilizado (variables, restricciones, función objetivo, etc.) y su solución pero NO debe incluir el modelo escrito en GAMS.

### 7.3 Fase 2. Rediseño de la cadena de suministro

Como resultado del análisis de la solución anterior, al compañía ha decidido rediseñar su cadena de suministro, simplificando su red de suministro y cerrando parte de sus instalaciones. La nueva red debe cumplir las siguientes condiciones adicionales:

- Debe cerrarse una de las refinerías y operar desde 2 refinerías.
- Desde cada refinería debe atender a un mínimo de dos y un máximo de tres mercados diferentes.
- La compañía solo puede comprar producto a un máximo de cuatro suministradores y, además, cada refinería debe comprar a un mínimo de dos y un máximo de tres suministradores.

En esta nueva situación, los límites de cantidad de compra mínima y máxima a cada suministrador sólo se aplican a los suministradores seleccionados para servir a alguna refinería.


- Ningún suministrador de los seleccionados debe suponer menos del 25% ni más del 75% de las compras totales realizadas por todas las refinerías.
- Las refinerías 1, 2 y 3 tienen un coste fijo de funcionamiento de 0.6, 0.80 y 0.75 millones de euros, respectivamente. Este coste es independiente de la cantidad producida/vendida.
- Cada refinería, en caso de ser utilizada, debe pagar una penalización de 100.000 euros por cada país al que le sirve tres productos diferentes (si sólo le sirve uno o dos productos no paga esta penalización).
- Por cuestiones de diversificación, cada mercado no puede recibir más del 75% de cada producto de la misma refinería.

Para poder obtener la nueva cadena de suministro, será necesario construir un nuevo modelo de optimización matemática (que incluirá variables binarias), utilizando como punto de partida el modelo construido en la Fase 1.

Una vez definido el modelo matemático, debe escribirlo en lenguaje GAMS y resolverlo. Recuerde que la memoria debe incluir la descripción detallada del modelo utilizado (variables, restricciones, función objetivo, etc.) y su solución, pero NO debe incluir el modelo escrito en GAMS.

Adicionalmente, la memoria debe incluir una descripción detallada de la cadena de suministro utilizada:

- qué suministradores y refinerías son utilizados,

- qué suministradores sirven a cada refinería, 
- qué mercados son atendidos desde cada refinería y qué productos sirven,
- etc.