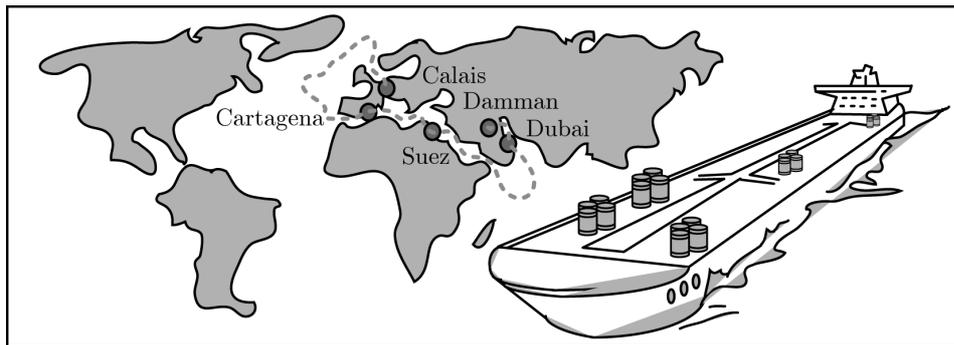


### **PROBLEMA: EL PETROLERO (OIL TANKER)**

Un petrolero parte del puerto de Dubai situado junto a los principales pozos petrolíferos de Emiratos Árabes Unidos. Dicho petrolero tiene capacidad para albergar 2 millones de barriles de crudo. Las bodegas del petrolero pueden albergar dos tipos de crudo, ligero y pesado. El petrolero sale del puerto de Dubai con menor cantidad de crudo que su capacidad máxima, siendo conocida dicha cantidad inicial de cada tipo de crudo.



La ruta a seguir por el petrolero tras partir de Dubai son los puertos de Damman (Arabia Saudí), Suez (Egipto), Cartagena (España) y Calais (Francia). En cada uno de estos puertos el petrolero ha obtenido ofertas de compra de compañías locales para vender su petróleo expresadas en millones de barriles para los dos tipos de crudo que se indican en la tabla siguiente así como su precio de compra por barril.

	<b>Damman</b>	<b>Suez</b>	<b>Cartagena</b>	<b>Calais</b>
Barriles crudo ligero [millones]	0.3	0.4	0.5	0.6
Barriles crudo pesado [millones]	0.2	0.2	0.5	0.6
Precio crudo ligero [€/barril]	53	55	60	62
Precio crudo pesado [€/barril]	55	57	62	65

Los costes de transportar el petrolero vienen dados por la combinación de dos términos, uno fijo para cada atraque en puerto y otro variable dependiendo de la carga transportada por el petrolero en dicho trayecto. Ambos tipos de coste se indican en la tabla:

	<b>Dubai</b>	<b>Damman</b>	<b>Suez</b>	<b>Cartagena</b>
	<b>Damman</b>	<b>Suez</b>	<b>Cartagena</b>	<b>Calais</b>
Coste fijo [€]	3000	4000	3000	2500
Coste variable [€/barril]	0.01	0.015	0.012	0.02

Se pide plantear un modelo de programación matemática que permita determinar cuál debe ser la gestión logística óptima del petrolero.

## SOLUCIÓN. EL PETROLERO (OIL TANKER)

### Índices

$i$ : Índice de puertos {Dubai, Damman, Suez, Cartagena, Calais}

$j$ : Índice de tipos de petróleo {ligero, pesado}

### Parámetros

$v$ : Capacidad del petrolero {2 millones de barriles}

$d_{i,j}$ : Demanda en el puerto  $i$  de crudo de tipo  $j$  [millones de barriles]

$p_{i,j}$ : Precio en el puerto  $i$  de crudo de tipo  $j$  [€/barril]

$cf_i$ : Coste fijo de realizar el trayecto que parte del puerto  $i$  [€]

$cv_i$ : Coste variable de realizar el trayecto que parte del puerto  $i$  [€/barril]

### Variables

$Y_{i,j}$ : Crudo vendido en el puerto  $i$  de tipo  $j$  [millones de barriles]

$Z_i$ : Indicador binario de realización del trayecto que parte del puerto  $i$  {0/1}

$W_{i,j}$ : Crudo transportado desde el puerto  $i$  de tipo  $j$  [millones de barriles]

### Función objetivo

La función objetivo maximiza el ingreso obtenido por la venta de crudo. Para ello el primer sumando corresponde con los ingresos por la venta de los dos tipos de crudo en los puertos. A este primer sumando se restan los costes fijos y variables del transporte de crudo entre puertos.

$$\max \sum_{i,j} p_{i,j} Y_{i,j} - \sum_i cf_i Z_i - \sum_{i,j} cv_i W_{i,j}$$

La función objetivo de forma numérica resulta ser:

$$\begin{aligned} \max & 53Y_{Damman,ligero} + 55Y_{Damman,pesado} + 55Y_{Suez,ligero} + 57Y_{Suez,pesado} \\ & + 60Y_{Cartagena,ligero} + 62Y_{Cartagena,pesado} + 62Y_{Calais,ligero} + 65Y_{Calais,pesado} \\ & - 3000Z_{Dubai} - 4000Z_{Damman} - 3000Z_{Suez} - 2500Z_{Cartagena} \\ & - 0.01W_{Dubai,ligero} - 0.01W_{Dubai,pesado} - 0.015W_{Damman,ligero} - 0.015W_{Damman,pesado} \\ & - 0.012W_{Suez,ligero} - 0.012W_{Suez,pesado} - 0.02W_{Cartagena,ligero} - 0.02W_{Cartagena,pesado} \end{aligned}$$

### Restricciones

- Limitación de la venta de crudo de tipo  $j$  teniendo en cuenta la cantidad de crudo comprada en el puerto de Dubai

$$W_{Dubai,j} = \sum_i Y_{ij} \quad \forall j$$

- Crudo transportado entre puertos

$$W_{ij} = W_{i-1,j} - Y_{ij} \quad \forall j$$

- (formulación 1) Indicador de realización del trayecto que sale del puerto  $i$  hacia el puerto  $i + 1$

$$\sum_j W_{ij} \leq vZ_i \quad \forall i$$

- (formulación 2) Indicador de realización del atraque en el puerto  $i$  si vende crudo de algún tipo en dicho puerto

$$\sum_j Y_{ij} \leq vZ_i \quad \forall i$$

- Cotas de variables de venta de crudo en los puertos

$$Y_{ij} \leq d_{ij} \quad \forall ij$$