




1

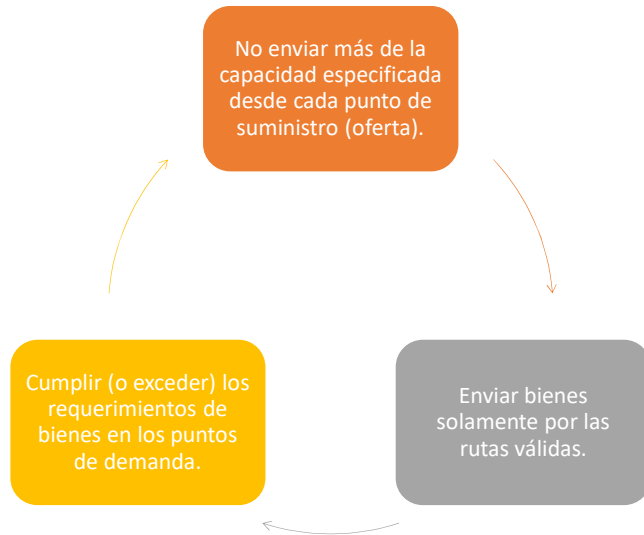


## Modelo de Transporte

- El objetivo general es encontrar el mejor plan de distribución, es decir, la cantidad que se debe enviar por cada una de las rutas desde los puntos de suministro hasta los puntos de demanda.
- El “mejor plan” es aquel que minimiza los costos totales de envío, produzca la mayor ganancia u optimice algún objetivo corporativo.
- Se debe contar con:
  - Nivel de oferta en cada fuente y la cantidad de demanda en cada destino.
  - Costo de transporte unitario de mercadería desde cada fuente a cada destino.

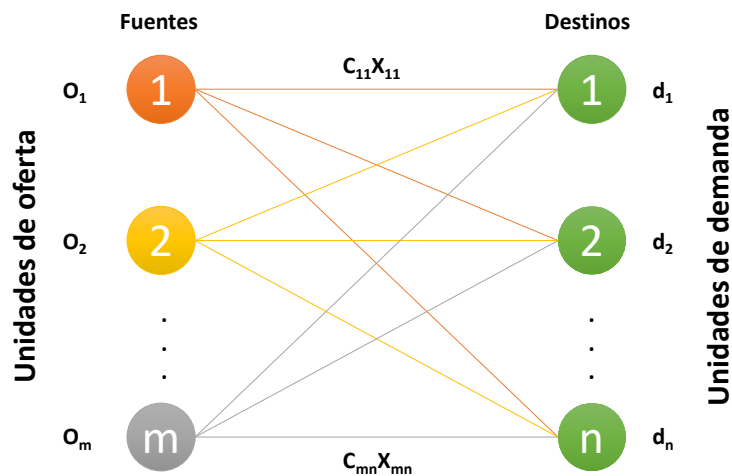
2

## Restricciones:



3

## Gráficamente: Para $m$ fuentes y $n$ destinos



Donde  $x_{mn}$ : Cantidad transportada desde la fuente  $m$  al destino  $n$ .  
 $c_{mn}$ : Costo del transporte unitario desde la fuente  $m$  al destino  $n$ .

4

## Modelo general de PL que representa al modelo de transporte

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

Sujeto a

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq o_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq d_j \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \text{para toda } i \text{ y } j$$

**El modelo implica que al menos la oferta debe ser igual a la demanda.**

5

### *Modelo transporte equilibrado Oferta = Demanda*

$$\sum x_{ij} = o_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum x_{ij} = d_j \quad j = 1, 2, \dots, n$$

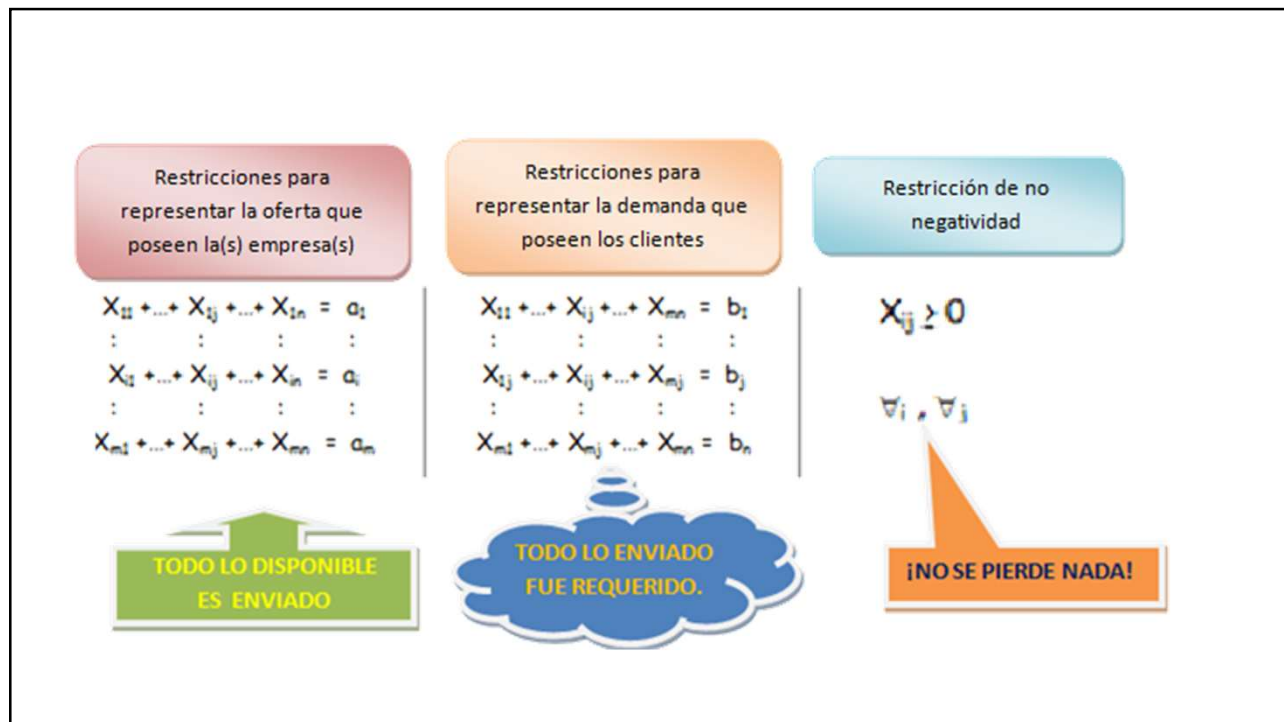
$$x_{ij} \geq 0 \text{ para toda } i \text{ y } j$$

### Aplicaciones del modelo de transporte

El Modelo de Transporte no sólo es aplicable al movimiento de productos, sino que también, como modelo se puede aplicar a otras áreas tales como:

- Planificación de la Producción
- Control de Inventarios
- Control de Proveedores
- Otras

6



7

## Caso 1: Oferta = Demanda

### Restricciones de Oferta:

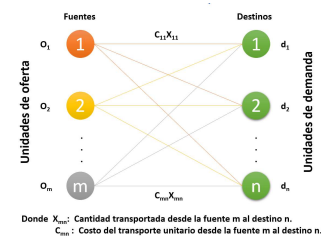
$$\begin{aligned} X_{11} + X_{12} + X_{13} + \dots + X_{1n} &= O_1 \\ X_{21} + X_{22} + X_{23} + \dots + X_{2n} &= O_2 \\ \dots &\dots \\ X_{m1} + X_{m2} + X_{m3} + \dots + X_{mn} &= O_m \end{aligned}$$

### Restricciones de demanda:

$$\begin{aligned} X_{11} + X_{21} + \dots + X_{m1} &= D_1 \\ X_{12} + X_{22} + \dots + X_{m2} &= D_2 \\ \dots &\dots \\ X_{1n} + X_{2n} + \dots + X_{mn} &= D_n \end{aligned}$$

### Y no negatividad

$$x_{ij} \geq 0 \text{ para } i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$



8

## Caso 2: Oferta > Demanda

### Restricciones de Oferta:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + \dots + x_{1n} \leq O_1$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + \dots + x_{2n} \leq O_2$$

...

$$x_{m1} + x_{m2} + x_{m3} + \dots + x_{mn} \leq O_m$$

### Restricciones de demanda:

$$x_{11} + x_{21} + \dots + x_{m1} = D_1$$

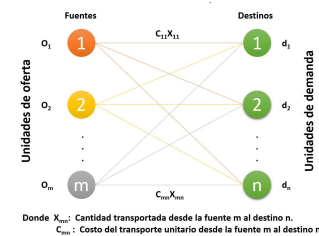
$$x_{12} + x_{22} + \dots + x_{m2} = D_2$$

...

$$x_{1n} + x_{2n} + \dots + x_{mn} = D_n$$

### Y no negatividad

$$x_{ij} \geq 0 \text{ para } i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$



9

## Caso 3: Oferta < Demanda

### Restricciones de Oferta:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + \dots + x_{1n} = O_1$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + \dots + x_{2n} = O_2$$

...

$$x_{m1} + x_{m2} + x_{m3} + \dots + x_{mn} = O_m$$

### Restricciones de demanda:

$$x_{11} + x_{21} + \dots + x_{m1} \leq D_1$$

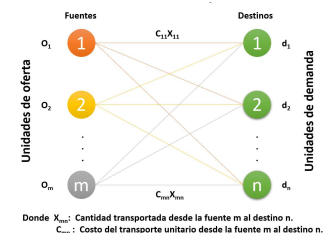
$$x_{12} + x_{22} + \dots + x_{m2} \leq D_2$$

...

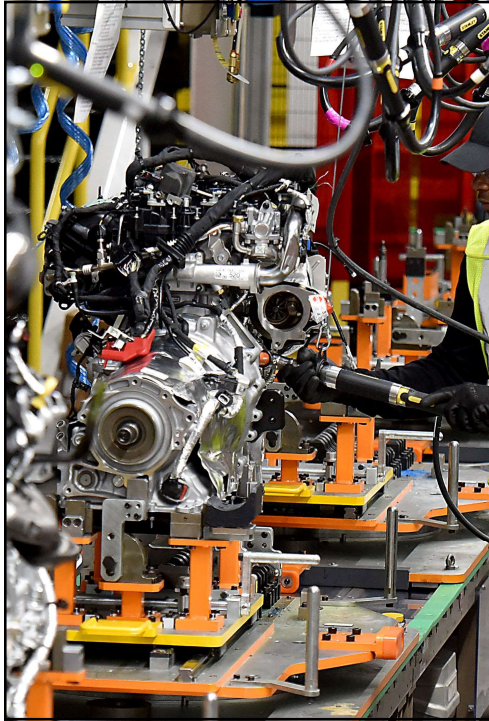
$$x_{1n} + x_{2n} + \dots + x_{mn} \leq D_n$$

### Y no negatividad

$$x_{ij} \geq 0 \text{ para } i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$



10



## Ejemplo

- RPG tiene cuatro plantas ensambladoras en Europa. Están ubicadas en Leipzig, Alemania (1); Nancy, Francia (2); Lieja, Bélgica (3), y Tilburgo, Holanda (4). Las máquinas ensambladoras usadas en estas plantas se producen en Estados Unidos y se embarcan a Europa. Llegaron a los puertos de Ámsterdam(1), Amberes (2) y El Havre (3).
- Los planes de producción del tercer trimestre (julio a septiembre) ya han sido formulados. Los requerimientos (la demanda en destinos) de motores diésel E-4 son los siguientes:

11

<i>Planta</i>	<i>Cantidad de Motores</i>
(1) Leipzig	400
(2) Nancy	900
(3) Lieja	200
(4) Tilburgo	500
<b>Total</b>	<b>2000</b>

La cantidad disponible de maquinas E-4 en los puerto (ofertas en orígenes) son:

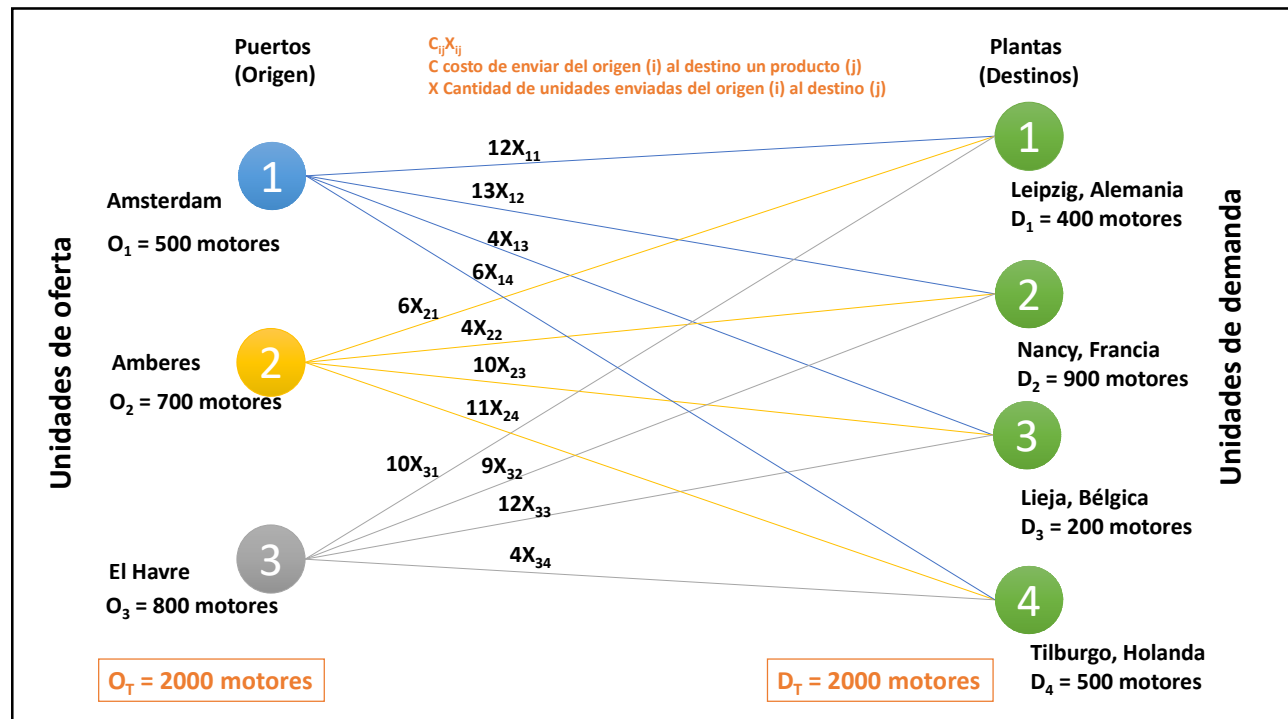
<i>Puerto</i>	<i>Cantidad de Motores</i>
(1) Amsterdam	500
(2) Amberes	700
(3) El Hevre	800
<b>Total</b>	<b>2000</b>

12

Los costos (\$) de transporte de un motor desde un origen a un destino son:

Desde el origen	Al destino			
	1	2	3	4
1	12	13	4	6
2	6	4	10	11
3	10	9	12	4

13



14



## Construcción del modelo

### Variables de decisión:

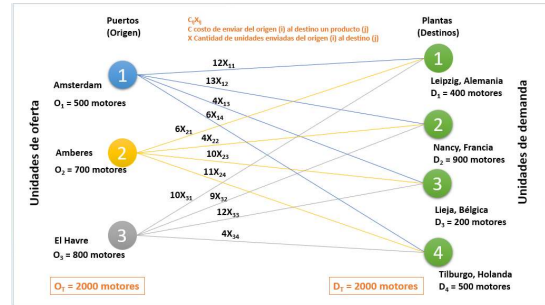
$X_{ij}$  = número de motores enviados del puerto  $i$  a la planta  $j$   
 $i = 1, 2, 3$   
 $j = 1, 2, 3, 4$

### Función Objetivo:

Minimizar

$$Z = 12x_{11} + 13x_{12} + 4x_{13} + 6x_{14} + 6x_{21} + 4x_{22} + 10x_{23} + 11x_{24} + 10x_{31} + 9x_{32} + 12x_{33} + 4x_{34}$$

Costo de enviar un motor del puerto  $i$  a la planta  $j$ .



15

## Caso 1: Oferta = Demanda

### Restricciones de Oferta:

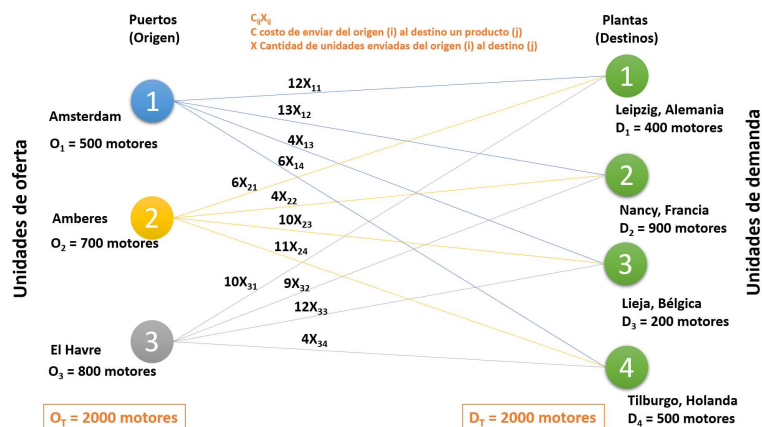
$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 500$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = 700$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = 800$$

Y no negatividad

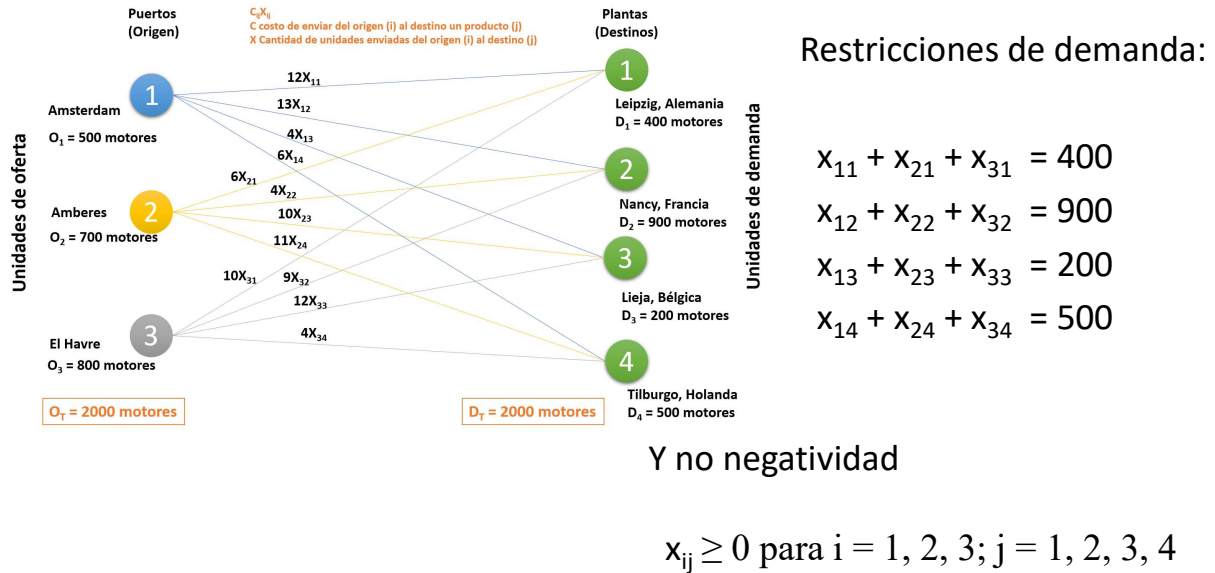
$$x_{ij} \geq 0 \text{ para } i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3, 4$$



16



## Caso 1: Oferta = Demanda



17

## Caso 1: Oferta = Demanda

Restricciones de Oferta:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 500$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = 700$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = 800$$

Restricciones de demanda:

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} = 400$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} = 900$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} = 200$$

$$x_{14} + x_{24} + x_{34} = 500$$

Y no negatividad

$$x_{ij} \geq 0 \text{ para } i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3, 4$$

18

# Solución del Modelo de Transporte

19

## Algoritmos Específicos de solución

- Métodos para encontrar la Solución Factible Básica Inicial (SFBI):

- Método de la esquina noroeste (MEN)
- Método por aproximación de Vogel (MAV)
- Método del costo mínimo (MCM)

- Métodos para optimizar la SFBI:

- Método del paso secuencial (Método de banquillo)
- Método de distribución modificada (DIMO) (Método de multiplicadores)

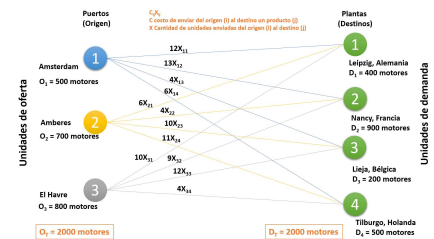
20

## Tabla inicial

Origen	Destinos					ofertas
	1	2	3	...	n	
1	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	...	$C_{1n}$	
2	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{23}$	...	$C_{2n}$	
3	$C_{31}$	$C_{32}$	$C_{33}$	...	$C_{3n}$	
...	...	...	...	...	...	
m	$C_{m1}$	$C_{m2}$	$C_{m3}$	...	$C_{mn}$	
<b>Demanda</b>						

21

## Tabla inicial del ejemplo:



Puertos (Origen)	Plantas (Destinos)				ofertas
	1	2	3	4	
1	12	13	4	6	500
2	6	4	10	11	700
3	10	9	12	4	800
<b>Demanda</b>	400	900	200	500	2000

22

