



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Cali



Res. 2333 del 2012

# **Investigación De Operaciones I**

## **Ingeniería de Sistemas y Computación**

### **Caso de Estudio**

Autor:

Guido Salazar

Docente:

Juan Camilo Paz

Mayo, 2024

## Caso de Estudio

Una empresa dedicada a la venta y alquiler de maquinarias para la agroindustria requiere transportar tráileres desde su sede A a la sede B. En particular, la empresa necesita transportar 5 tráileres que están parqueados en la sede A, todos de diferentes tamaños (Tabla 1). Adicionalmente, la empresa necesita enviar 3 estibas con material agroindustrial desde la sede B a la sede A, y cada estiba cabe perfectamente en cualquiera de los 5 tráileres. Para realizar esta operación, la empresa cuenta con un camión (Figura 1) que puede transportar hasta 2 tráileres a la vez por viaje.





Tráiler 1	Tráiler 2	Tráiler 3	Tráiler 4	Tráiler 5
				

Tabla 1. Tipos de trailers

El objetivo es minimizar el tiempo total de transporte cumpliendo con estas condiciones:

- En el inicio, el camión de transporte y los 5 tráileres se encuentran en la sede A
- En el inicio, las tres estibas se encuentran en la sede B
- Al final de la operación, los 5 tráileres deben estar en la sede B, y las 3 estibas deben estar en la sede
- Las estibas solamente pueden ser transportados usando los tráileres y solamente cabe una estiba por tráiler, independiente del tamaño del mismo.
- Los tráileres pueden viajar vacíos
- El tiempo de transporte de un trayecto del camión varía dependiendo del volumen de los tráileres que lleva debido a que se deben cumplir medidas de seguridad (Tabla 2).
- Cuando se transportan dos tráileres simultáneamente, el tiempo de transporte es determinado únicamente por el tráiler de mayor tiempo (el máximo entre los dos).

	Trailer 1	Trailer 2	Trailer 3	Trailer 4	Trailer 5
Tiempos (s)	1	3	6	8	12

Tabla 2. Tiempo de transporte en unidades relativas de tiempo

## Modelo

### Conjuntos

$T$	Conjunto de tráileres $T = \{1, 2, 3, 4, 5\}$
$E$	Conjunto de fábricas estibas $E = \{1, 2, 3\}$

### Parámetros

$time_{t_1 t_2}$  Tiempo de transportar los tráileres  $t_1, t_2 \in T$  desde la ubicación A a B

### Variables de decisión

$x_{t_1 t_2}$	Cantidad de veces que se transportan los tráileres $t_1, t_2 \in T$ desde A a B. Si $t_1 = t_2$ entonces solo se está transportando un tráiler
$y_{te}$	Viaje de la estiba $e \in E$ en el tráiler $t \in T$ desde el lugar B a A. Variable binaria según la naturaleza del problema, ya que solo es necesario que la estiba viaje 1 vez.

### Función Objetivo:

$$\min time = \sum_{t_1 \in T} \sum_{t_2 \in T} time_{t_1 t_2} * x_{t_1 t_2} + \sum_{t \in T} \sum_{e \in E} time_{te} * y_{te} \quad (1)$$

### Restricciones

$$\left( \sum_{t_2 \in T} x_{t_1 t_2} + x_{t_2 t_1} \right) - x_{t_1 t_1} \geq 1 \quad \forall t_1 \in T \quad (2)$$

$$\sum_{t \in T} y_{te} = 1 \quad \forall e \in E \quad (3)$$

$$\left( \sum_{t_2 \in T} x_{t_1 t_2} + x_{t_2 t_1} \right) - x_{t_1 t_1} = 1 + \sum_{e \in E} y_{t_1 e} \quad \forall t_1 \in T \quad (4)$$

$$x_{t_1 t_2} \in \mathbb{N} \cup \{0\}, y_{te} \in \{0, 1\} \quad (5)$$

La expresión (2) garantiza que todos los tráileres realicen al menos un viaje, asegurando que se desplacen desde el lugar A hasta el B. Por otro lado, la expresión (3) asegura que todas las estibas realicen un viaje desde el lugar B hasta el A. La expresión (4) garantiza que los tráileres que hayan vuelto a dejar las estibas retornen a la ubicación B. Esto se debe a que cada tráiler debe realizar al menos un viaje, y si retorna, debe realizar otro trayecto adicional. Por lo tanto, siempre debe haber un viaje más que de regreso.

La especificación del modelo fue realizada en Google colab usando la librería de ampl para Python. Junto con el motor de solución de gurobi.

Link: <https://colab.research.google.com/drive/1AzarU6xeGkdvxQOGUcyca8my6Li3bNkM?usp=sharing>