

# Optimización de viajes compartidos en taxis utilizando algoritmos evolutivos

Gabriel Fagúndez de los Reyes    Renzo Massobrio

Facultad de Ingeniería,  
Universidad de la República,  
Montevideo, Uruguay



# Contenido

1 Introducción

2 Definición del problema

## 1 Introducción

## 2 Definición del problema

## Car pooling

- Beneficios en el plano ecológico y económico, individuales y colectivos.
- Diferentes iniciativas para atender el interés del público: carriles exclusivos, campañas para compartir los viajes al trabajo y aplicaciones para encontrar compañeros de viaje.

## Taxi pooling

- Los taxis son un medio de transporte rápido y confiable, especialmente en ciudades donde el transporte público es poco eficiente.
- Los taxis raramente viajan a capacidad completa, impactando en la congestión del tráfico y en la contaminación de las ciudades.
- Tarifas altas desalientan a los usuarios.
- 15 % de los accidentes fatales en Uruguay involucran a un conductor alcoholizado (UNASEV).

## Car pooling

- Beneficios en el plano ecológico y económico, individuales y colectivos.
- Diferentes iniciativas para atender el interés del público: carriles exclusivos, campañas para compartir los viajes al trabajo y aplicaciones para encontrar compañeros de viaje.

## Taxi pooling

- Los taxis son un medio de transporte rápido y confiable, especialmente en ciudades donde el transporte público es poco eficiente.
- Los taxis raramente viajan a capacidad completa, impactando en la congestión del tráfico y en la contaminación de las ciudades.
- Tarifas altas desalientan a los usuarios.
- **15 %** de los accidentes fatales en Uruguay involucran a un conductor alcoholizado (UNASEV).

## 1 Introducción

## 2 Definición del problema

# Descripción del problema

## Realidad estudiada

Un grupo de personas ubicadas en un **mismo lugar de origen**, desean viajar hacia **diferentes destinos** utilizando taxis de forma compartida. Se busca determinar la cantidad de taxis, la asignación de pasajeros y las rutas a seguir, de forma de **minimizar el costo total del grupo de pasajeros**.

## Consideraciones

- Cada taxi puede trasladar a un número limitado de pasajeros.
- El número máximo de taxis para  $N$  pasajeros es  $N$ , en el caso particular de que cada pasajero viaje en un vehículo separado.
- El costo de un taxi está dado por la suma del **costo inicial** (“bajada de bandera”) más el **costo determinado por la distancia** recorrida desde el origen hasta el destino final, pasando por cada uno de los destinos intermedios.
- No se consideran otros posibles costos (e.g. esperas, propinas, peajes).

# Descripción del problema

## Realidad estudiada

Un grupo de personas ubicadas en un **mismo lugar de origen**, desean viajar hacia **diferentes destinos** utilizando taxis de forma compartida. Se busca determinar la cantidad de taxis, la asignación de pasajeros y las rutas a seguir, de forma de **minimizar el costo total del grupo de pasajeros**.

## Consideraciones

- Cada taxi puede trasladar a un número limitado de pasajeros.
- El número máximo de taxis para  $N$  pasajeros es  $N$ , en el caso particular de que cada pasajero viaje en un vehículo separado.
- El costo de un taxi está dado por la suma del **costo inicial** (“bajada de bandera”) más el **costo determinado por la distancia** recorrida desde el origen hasta el destino final, pasando por cada uno de los destinos intermedios.
- No se consideran otros posibles costos (e.g. esperas, propinas, peajes).



# Descripción del problema

## Realidad estudiada

Un grupo de personas ubicadas en un **mismo lugar de origen**, desean viajar hacia **diferentes destinos** utilizando taxis de forma compartida. Se busca determinar la cantidad de taxis, la asignación de pasajeros y las rutas a seguir, de forma de **minimizar el costo total del grupo de pasajeros**.

## Consideraciones

- Cada taxi puede trasladar a un número limitado de pasajeros.
- El número máximo de taxis para  $N$  pasajeros es  $N$ , en el caso particular de que cada pasajero viaje en un vehículo separado.
- El costo de un taxi está dado por la suma del **costo inicial** (“bajada de bandera”) más el **costo determinado por la distancia** recorrida desde el origen hasta el destino final, pasando por cada uno de los destinos intermedios.
- No se consideran otros posibles costos (e.g. esperas, propinas, peajes).

# Descripción del problema

## Realidad estudiada

Un grupo de personas ubicadas en un **mismo lugar de origen**, desean viajar hacia **diferentes destinos** utilizando taxis de forma compartida. Se busca determinar la cantidad de taxis, la asignación de pasajeros y las rutas a seguir, de forma de **minimizar el costo total del grupo de pasajeros**.

## Consideraciones

- Cada taxi puede trasladar a un número limitado de pasajeros.
- El número máximo de taxis para  $N$  pasajeros es  $N$ , en el caso particular de que cada pasajero viaje en un vehículo separado.
- El costo de un taxi está dado por la suma del **costo inicial** (“bajada de bandera”) más el **costo determinado por la distancia** recorrida desde el origen hasta el destino final, pasando por cada uno de los destinos intermedios.
- No se consideran otros posibles costos (e.g. esperas, propinas, peajes).

# Descripción del problema

## Realidad estudiada

Un grupo de personas ubicadas en un **mismo lugar de origen**, desean viajar hacia **diferentes destinos** utilizando taxis de forma compartida. Se busca determinar la cantidad de taxis, la asignación de pasajeros y las rutas a seguir, de forma de **minimizar el costo total del grupo de pasajeros**.

## Consideraciones

- Cada taxi puede trasladar a un número limitado de pasajeros.
- El número máximo de taxis para  $N$  pasajeros es  $N$ , en el caso particular de que cada pasajero viaje en un vehículo separado.
- El costo de un taxi está dado por la suma del **costo inicial** (“bajada de bandera”) más el **costo determinado por la distancia** recorrida desde el origen hasta el destino final, pasando por cada uno de los destinos intermedios.
- No se consideran otros posibles costos (e.g. esperas, propinas, peajes).

# Descripción del problema

## Formulación matemática

Dados:

- $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$  conjunto de pasajeros que parten de  $O$  y se trasladan a  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$ .
- Una función  $dest : P \rightarrow D$  que establece el destino de cada uno de los pasajeros.
- Un conjunto de taxis  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$ ; con  $M \leq N$ ; y una función  $C : T \rightarrow \{0, 1, \dots, C_{MAX}\}$  que indica la cantidad de pasajeros que viajan cada taxi.  $C_{MAX}$  es la capacidad máxima permitida en un mismo taxi.
- una constante  $B$  que indica el costo inicial del taxi.
- una función de distancia,  $dist : \{\{O\} \cup D\} \times D \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .
- una función de costo  $cost : \mathbb{R}_0^+ \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .

# Descripción del problema

## Formulación matemática

Dados:

- $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$  conjunto de pasajeros que parten de  $O$  y se trasladan a  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$ .
- Una función  $dest : P \rightarrow D$  que establece el destino de cada uno de los pasajeros.
- Un conjunto de taxis  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$ ; con  $M \leq N$ ; y una función  $C : T \rightarrow \{0, 1, \dots, C_{MAX}\}$  que indica la cantidad de pasajeros que viajan cada taxi.  $C_{MAX}$  es la capacidad máxima permitida en un mismo taxi.
- una constante  $B$  que indica el costo inicial del taxi.
- una función de distancia,  $dist : \{\{O\} \cup D\} \times D \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .
- una función de costo  $cost : \mathbb{R}_0^+ \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .

# Descripción del problema

## Formulación matemática

Dados:

- $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$  conjunto de pasajeros que parten de  $O$  y se trasladan a  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$ .
- Una función  $dest : P \rightarrow D$  que establece el destino de cada uno de los pasajeros.
- Un conjunto de taxis  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$ ; con  $M \leq N$ ; y una función  $C : T \rightarrow \{0, 1, \dots, C_{MAX}\}$  que indica la cantidad de pasajeros que viajan cada taxi.  $C_{MAX}$  es la capacidad máxima permitida en un mismo taxi.
- una constante  $B$  que indica el costo inicial del taxi.
- una función de distancia,  $dist : \{\{O\} \cup D\} \times D \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .
- una función de costo  $cost : \mathbb{R}_0^+ \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .

# Descripción del problema

## Formulación matemática

Dados:

- $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$  conjunto de pasajeros que parten de  $O$  y se trasladan a  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$ .
- Una función  $dest : P \rightarrow D$  que establece el destino de cada uno de los pasajeros.
- Un conjunto de taxis  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$ ; con  $M \leq N$ ; y una función  $C : T \rightarrow \{0, 1, \dots, C_{MAX}\}$  que indica la cantidad de pasajeros que viajan cada taxi.  $C_{MAX}$  es la capacidad máxima permitida en un mismo taxi.
- una constante  $B$  que indica el costo inicial del taxi.
- una función de distancia,  $dist : \{\{O\} \cup D\} \times D \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .
- una función de costo  $cost : \mathbb{R}_0^+ \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .

# Descripción del problema

## Formulación matemática

Dados:

- $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$  conjunto de pasajeros que parten de  $O$  y se trasladan a  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$ .
- Una función  $dest : P \rightarrow D$  que establece el destino de cada uno de los pasajeros.
- Un conjunto de taxis  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$ ; con  $M \leq N$ ; y una función  $C : T \rightarrow \{0, 1, \dots, C_{MAX}\}$  que indica la cantidad de pasajeros que viajan cada taxi.  $C_{MAX}$  es la capacidad máxima permitida en un mismo taxi.
- una constante  $B$  que indica el costo inicial del taxi.
- una función de distancia,  $dist : \{\{O\} \cup D\} \times D \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .
- una función de costo  $cost : \mathbb{R}_0^+ \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .



# Descripción del problema

## Formulación matemática

Dados:

- $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$  conjunto de pasajeros que parten de  $O$  y se trasladan a  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$ .
- Una función  $dest : P \rightarrow D$  que establece el destino de cada uno de los pasajeros.
- Un conjunto de taxis  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_M\}$ ; con  $M \leq N$ ; y una función  $C : T \rightarrow \{0, 1, \dots, C_{MAX}\}$  que indica la cantidad de pasajeros que viajan cada taxi.  $C_{MAX}$  es la capacidad máxima permitida en un mismo taxi.
- una constante  $B$  que indica el costo inicial del taxi.
- una función de distancia,  $dist : \{\{O\} \cup D\} \times D \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .
- una función de costo  $cost : \mathbb{R}_0^+ \rightarrow \mathbb{R}_0^+$ .

# Descripción del problema

## Formulación matemática

El problema consiste en hallar una planificación, es decir una función  $f : P \rightarrow T \times \{1, \dots, C_{MAX}\}$  para transportar los  $N$  pasajeros en  $K$  taxis ( $K \leq N$ ) que determine la asignación de pasajeros a taxis y el orden en que serán trasladados a los respectivos destinos, minimizando la función de costo total ( $CT$ ) de la asignación, dada en la Ecuación 1, donde  $f^{-1}(t_i, j)$  indica el pasajero asignado a la posición  $j$  (orden de traslado) en el taxi  $t_i$  y  $dest(f^{-1}(t_i, 0)) = O, \forall t_i$ .

$$CT = \sum_{t_i, C(t_i) \neq 0} \left[ B + \sum_{j=1}^{C(t_i)} cost \left( \underbrace{dist \left( dest(f^{-1}(t_i, j-1)), des(f^{-1}(t_i, j)) \right)}_{\text{destinos consecutivos en el recorrido del taxi } t_i} \right) \right] \quad (1)$$