

# Trabajo Práctico: Sistema de Transporte

Desafío de Planificación y Optimización



## Indice

<u>0. Control de cambios</u>	2
<u>1. Objetivo General</u>	2
<u>2. La red de transporte</u>	3
<u>2.1. Nodos (Ciudades o Puntos Clave)</u>	3
<u>2.2. Conexiones (Rutas entre Nodos)</u>	4
<u>3. Los Vehículos de Transporte</u>	5
<u>3.1. Características por Tipo de Vehículo</u>	5
<u>3.2. Solicitudes de Transporte</u>	7
<u>5. El Itinerario Resultante</u>	7
<u>5.1. Consideraciones para el Itinerario:</u>	7
<u>6. El Desafío: Tu Rol como Planificador</u>	8
<u>6.1. KPI 1: Minimizar el Tiempo Total de Entrega</u>	8
<u>6.2. KPI 2: Minimizar el Costo Total del Transporte</u>	8
<u>7. Ejemplo práctico</u>	9
<u>7.1. Resolución de escritorio</u>	10
<u>7.1.1. Calculamos los costos y tiempo de cada tramo.</u>	10
<u>7.1.2. Análisis</u>	12
<u>KPI 1: Minimizar el Tiempo Total de Entrega</u>	12
<u>KPI 2: Minimizar el Costo Total del Transporte</u>	12
<u>8. Aspectos Técnicos y Consideraciones Generales</u>	13
<u>8.1. Modelado de Datos</u>	13
<u>8.2. Entrada de Datos</u>	13
<u>8.3. Salida de los Planificadores</u>	13
<u>8.4. Interfaz de Usuario y Visualizaciones</u>	13
<u>9. Consideraciones para la Evaluación</u>	14

# 0. Control de cambios

Versión	Cambios	Fecha	Pers...
1.0	Versión inicial del documento.	25/05/2025	Carlos ...
1.1	<ul style="list-style-type: none"><li>Los nombres de ejemplo de los vehículos fueron simplificados.</li><li>Conexiones de modo automotor con limitación en peso: si al menos un vehículo de los previstos para el envío supera el peso máximo que soporta el camino, ese camino queda descartado para todos.</li><li>Conexiones de modo aéreo: se agrega la probabilidad de mal clima a la hora de calcular la velocidad a la cual un avión podrá atravesar.</li><li>Aclaración de cargas que excedan la capacidad del vehículo y distribución de la misma.</li><li>Agregado consideración para la evaluación sobre archivos de prueba.</li></ul>	30/05/2025	Carlos ...
1.2	<ul style="list-style-type: none"><li>El costo por KG se calcula una sola vez para todo el viaje. Ver cambios en el ejemplo de resolución.</li></ul>	11/06/2025	Carlos ...

## 1. Objetivo General

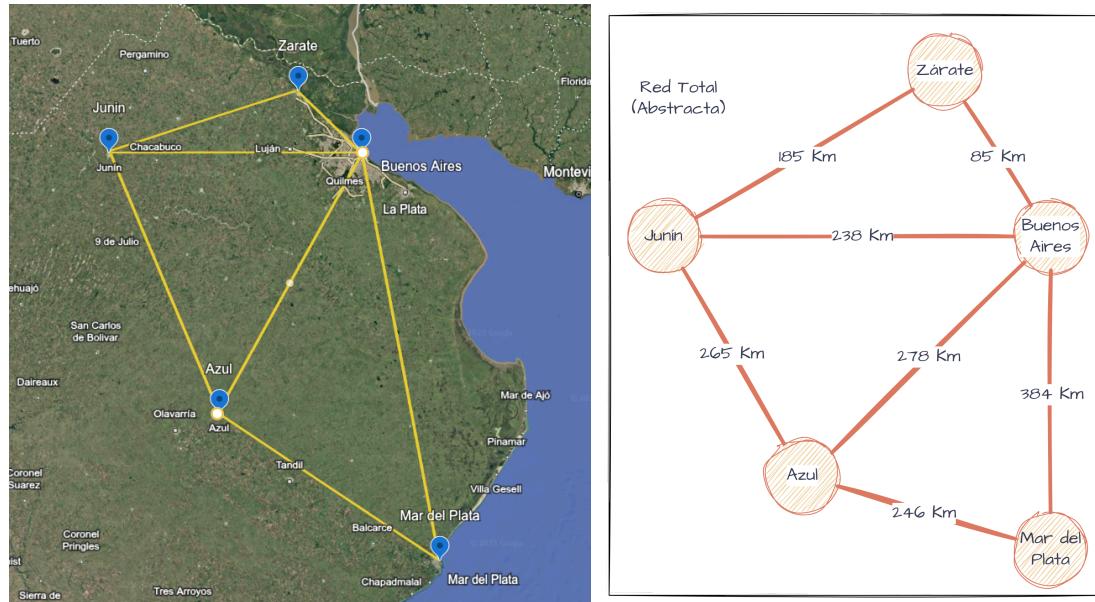
Eres el planificador principal de una innovadora compañía de transporte. Tu desafío es diseñar e implementar un sistema, utilizando programación orientada a objetos y estructuras de datos eficientes, que permita calcular y optimizar la forma de mover cargas a través de una compleja red de transporte.

Tu objetivo principal es desarrollar "planificadores" capaces de procesar solicitudes de transporte, generar y seleccionar los itinerarios óptimos. Estos planificadores deberán buscar:

- Minimizar el tiempo total de entrega para envíos urgentes.
- Minimizar el costo total de transporte para envíos donde la economía es prioritaria.

Para ello, deberás utilizar las redes de transporte disponibles, considerando sus características y restricciones operativas.

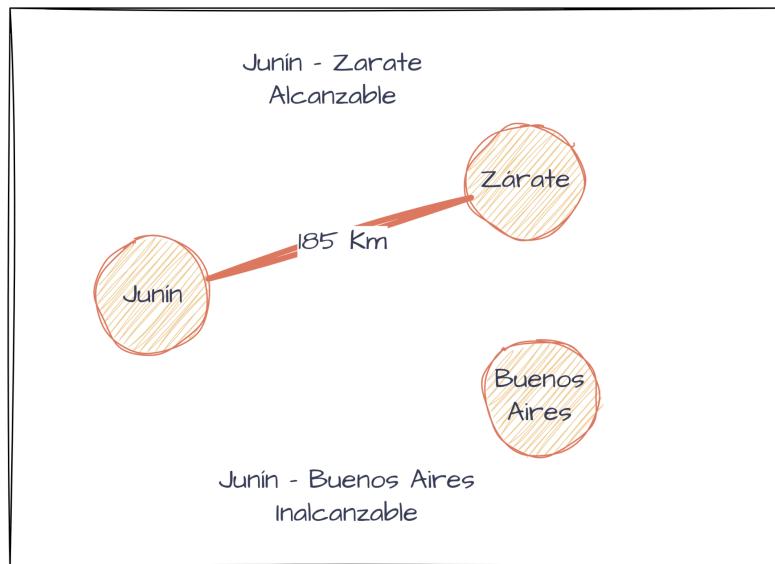
## 2. La red de transporte



Operarán sobre una vasta red de transporte, ubicada en la Provincia de Buenos Aires. Esta red abarca múltiples modos de transporte: aéreo, automotor (camiones), ferroviario y marítimo. La red se compone de:

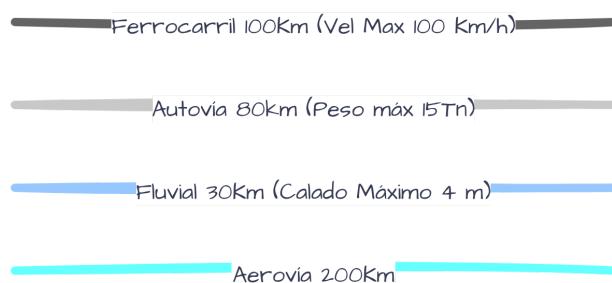
### 2.1. Nodos (Ciudades o Puntos Clave)

- Definición: Son los puntos geográficos clave en el mapa donde los bienes se originan, se destinan o se transbordan entre diferentes vehículos o modos de transporte. Cada nodo se identifica por el nombre de una ciudad.
- Capacidad Multimodal: Cada nodo está habilitado para manejar uno o varios modos de transporte.
- Roles del Nodo: Un nodo puede ser origen, punto intermedio o destino final de un envío.
- Soporte de Modos: Un nodo puede aceptar o despachar un modo de transporte si al menos una conexión de dicho modo está enlazada al nodo. Si un modo de transporte no se encuentra presente en el nodo a los fines de esa red se considera inalcanzable.



## 2.2. Conexiones (Rutas entre Nodos)

- Definición: Son los enlaces físicos o rutas designadas que unen los nodos, permitiendo el tránsito de los vehículos de transporte.
- Tipos: Existen diferentes tipos de conexiones (vías de ferrocarril, rutas nacionales/provinciales, rutas aéreas designadas, ríos navegables), cada una asociada a un modo de transporte específico.
- Distancia: La longitud de cada conexión se mide en kilómetros (km) y será provista en los datos de entrada.



- Restricciones Específicas de Conexión:
  - Vías Ferroviarias: Para vehículos de modo ferroviario. Poseen una velocidad máxima permitida (km/h). Un vehículo ferroviario que transite por esta conexión no podrá exceder dicha velocidad, independientemente de su velocidad nominal.

- Autopistas, rutas y caminos: Para vehículos de modo automotor. Ciertas conexiones (ej. puentes específicos, tramos con restricciones) pueden tener un peso máximo de carga transportable especificado (en kg). Un envío de transporte automotor no podrá ser planificado para pasar por dicha conexión si la carga del envío actual excede este límite, incluso si la capacidad nominal del camión es mayor.
- Conexiones marítimas/fluviales: Para embarcaciones. Las conexiones fluviales y marítimas tienen diferentes tasas de uso.
- Conexiones aéreas: Son rutas utilizadas por los aviones. Pueden tener una probabilidad de mal tiempo asociada, que deberá calcularse al momento de planificar el envío.

### 3. Los Vehículos de Transporte

La red es operada por una flota de vehículos conceptualmente ilimitada en cuanto a su cantidad disponible por tipo.

Tu tarea es seleccionar los tipos de vehículos adecuados y planificar sus tramos (considerando su alcance, capacidad, costos y horarios de partida) para construir un itinerario eficiente y válido.

Si la capacidad del vehículo es insuficiente para la solicitud de transporte deberá agregarse la cantidad necesaria para satisfacerla. La carga se distribuye llenando los vehículos a tope antes de agregar otro.

#### 3.1. Características por Tipo de Vehículo

Cada tipo de vehículo (ej. "Camión", "Tren de Carga", "Avión", "Barcaza") se define por las siguientes características principales:

- Modo de Transporte: Indica a qué modo pertenece (automotor, ferroviario, aéreo o marítimo).
- Velocidad Nominal: La velocidad promedio (km/h) a la que el vehículo recorre las conexiones, a menos que una conexión específica imponga un límite inferior (ej. conexiones ferroviarias) o haya probabilidades climáticas (ej. Modo aéreo).
- Capacidad de Carga: La cantidad máxima de bienes (en kilogramos) que un vehículo de este tipo puede transportar.
- Costo por Uso (por tramo): El costo asociado a utilizar un vehículo de este tipo para un tramo del itinerario. Este costo se compone de:
  - Un costo base por utilización del vehículo para el tramo.
  - Un costo por kilómetro recorrido durante el tramo.

- Un costo por kilogramo transportado durante el tramo.

Ejemplo:

### 3.2. Solicitudes de Transporte

Tu sistema procesará solicitudes individuales para transportar una carga específica. Las solicitudes a procesar serán provistas en un archivo CSV. Cada solicitud incluirá:

- Identificación de la Carga.
- Peso de la Carga: kilogramos (kg).
- Nodo de Origen: La ciudad donde se recoge la carga.
- Nodo de Destino: La ciudad final donde se debe entregar la carga.



## 5. El Itinerario Resultante

Para cada solicitud de transporte procesada exitosamente, el planificador deberá generar un itinerario. Este define la secuencia detallada de operaciones:

- Secuencia de Tramos: Qué tipo de vehículo se utiliza para cada tramo del viaje.
- Costo total
- Tiempo total
- Método de optimización utilizando (tiempo o costo)
- Restricción de Loops: El itinerario no debe contener ciclos o loops.

### 5.1. Consideraciones para el Itinerario:

- Cálculo del Costo Total del Itinerario: Se calcula sumando:
  - Los "Costos por Uso" de cada vehículo en cada tramo utilizado.
- Cálculo del Tiempo Total del Itinerario: Se calcula acumulando:
  - Los tiempos de viaje de cada vehículo en cada conexión atravesada.

## 6. El Desafío: Tu Rol como Planificador

Tu rol es diseñar el corazón lógico de este sistema: los planificadores. Dada una solicitud de transporte, tu sistema debe ser capaz de generar planes de transporte (itinerarios) que optimicen los siguientes Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs):

### 6.1. KPI 1: Minimizar el Tiempo Total de Entrega

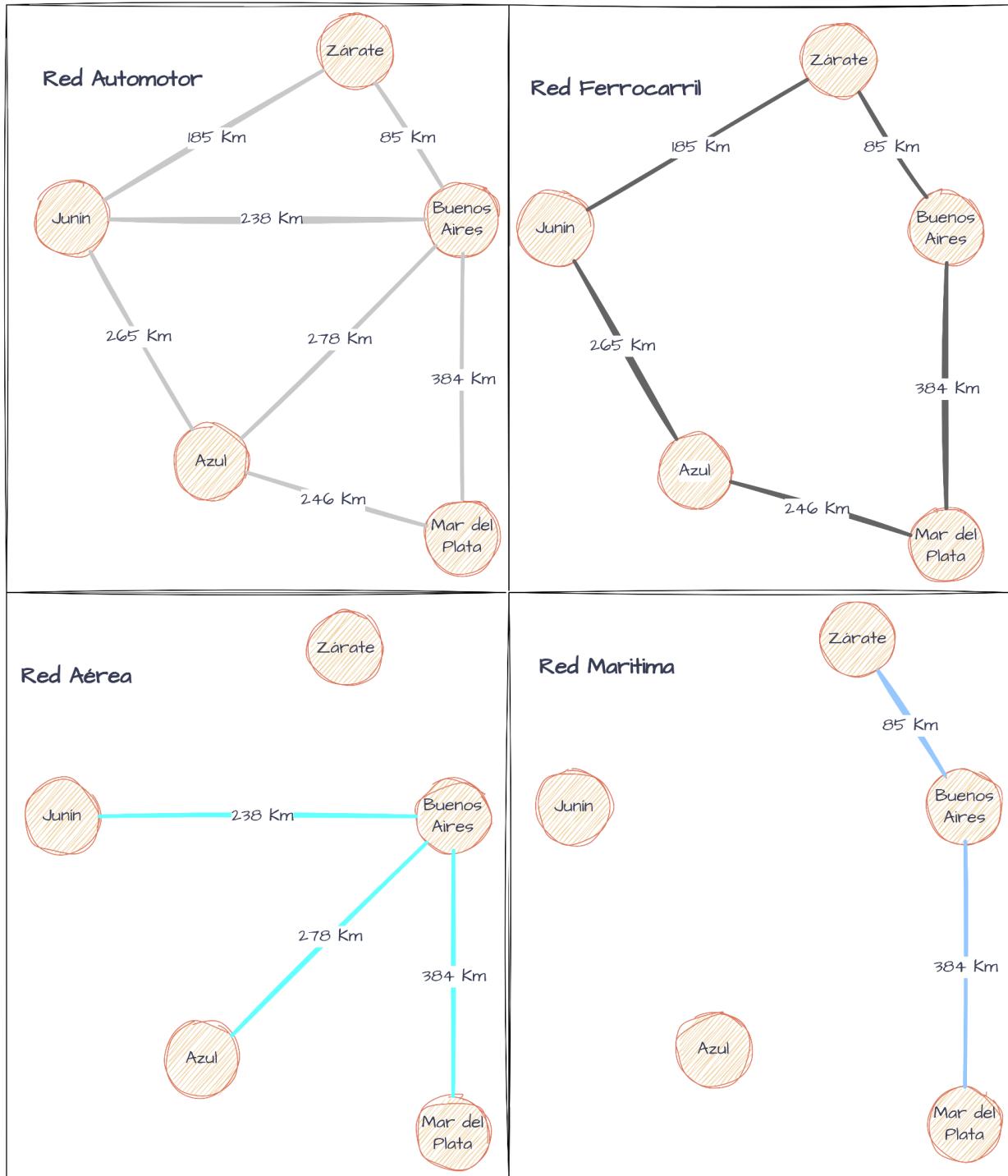
- Para envíos donde la rapidez es crítica.
- El planificador debe identificar el modo de transporte que permita el traslado de la carga desde el origen hasta el destino en el menor tiempo posible.

### 6.2. KPI 2: Minimizar el Costo Total del Transporte

- Para envíos donde la economía es el factor primordial.
- El planificador debe identificar el modo de transporte que ofrezca al cliente el menor costo total.
- Se calcula sobre el costo de uso de vehículos.

## 7. Ejemplo práctico

Dada la solicitud de transporte de la página 4, se disponen de las siguientes redes de transporte:



Se utilizarán la siguiente definición de vehículo

Características				
Modo	Ferroviario	Automotor	Marítimo	Aereo
Velocidad [Km/h]	100	80	40	600
Capacidad [Kg]	150000	30000	100000	5000
Costo Fijo (por tramo)	\$100	\$30	\$500	\$750
Costo por Km	\$20	\$5	\$15	\$40
Costo por Kg	\$3	\$1	\$2	\$10

**NOTA:** Solo a modo de ejemplo

## 7.1. Resolución de escritorio

### 7.1.1. Calculamos los costos y tiempo de cada tramo.

- La cantidad de vehículos es el cociente entre la carga y la capacidad, con un redondeo hacia arriba.
- El costo se calcula sumando el costo fijo y el costo por kilómetro multiplicado por la cantidad de kilómetros por la cantidad de vehículos requeridos. Luego, se suma el costo por kilo de cada vehículo multiplicado por la cantidad de kilos de carga.

$$CostoTramo = (CostoFijo + CostoKm \times CantKm) \times CantVehiculos$$

$$CostoVehiculo = CostoKg \times CantKg$$

$$CostoItinerario = \sum_i CostoTramo_i + \sum_j CostoVehiculo_j$$

- El tiempo corresponde a la distancia en kilómetros dividida la velocidad.
- Los tramos no conectados por el modo de transporte no pueden ser calculados. Si el modo de transporte no está presente en el origen o el destino de la carga se descarta.

- Tenga en cuenta que no se tiene en cuenta la dirección del tránsito. El cálculo sirve también para el recorrido inverso.

Carga [Kg]	Origen	Destino	Distancia [km]									
				Ferroviario			Automotor			Marítimo		
				Cant Veh	Costo [\$]	Tiempo [min]	Cant Veh	Costo [\$]	Tiempo [min]	Cant Veh	Costo [\$]	Tiempo [min]
70000	Zárate	BA	85	1	\$1.800	51	3	\$1.365	64	1	\$1.775	128
70000	Zárate	Junín	185	1	\$3.800	111	3	\$2.865	139	No conectado		
70000	Junín	BA	238	No conectado			3	\$3.660	179	No conectado		
70000	Junín	Azul	265	1	\$5.400	159	3	\$4.065	199	No conectado		
70000	Azul	BA	278	No conectado			3	\$4.260	209	No conectado		
70000	Azul	MDP	246	1	\$5.020	148	3	\$3.780	185	No conectado		
70000	BA	MDP	384	1	\$7.780	230	3	\$5.850	288	1	\$6.260	576
										14	\$225.540	38

### 7.1.2. Análisis

Hallando todos los caminos posibles, sin bucles y sin visitar dos veces el mismo nodo obtenemos los siguientes caminos:

Solución	Modo	Itinerario	Costo total	Tiempo total [min]
A	Ferroviario	Zárate - Buenos Aires - Mar del Plata	\$219.580	281
B	Ferroviario	Zárate - Junín - Azul - Mar del Plata	\$224.220	418
C	Automotor	Zárate - Buenos Aires - Mar del Plata	\$77.215	352
D	Automotor	Zárate - Buenos Aires - Junín - Azul - Mar del Plata	\$82.870	626
E	Automotor	Zárate - Buenos Aires - Azul - Mar del Plata	\$79.405	457
F	Automotor	Zárate - Junín - Buenos Aires - Mar del Plata	\$82.375	605
G	Automotor	Zárate - Junín - Buenos Aires - Azul - Mar del Plata	\$84.565	814
H	Automotor	Zárate - Junín - Azul - Buenos Aires - Mar del Plata	\$87.040	834
I	Automotor	Zárate - Junín - Azul - Mar del Plata	\$80.710	522
J	Marítimo	Zárate - Buenos Aires - Mar del Plata	\$148.035	704
K	Aereo	No disponible, no sale de Zárate		

#### KPI 1: Minimizar el Tiempo Total de Entrega

La solución A es la mejor.

- Modo: Ferroviario 
- Itinerario: Zárate - Buenos Aires - Mar del Plata
- Costo total: \$429.580
- Tiempo total: 281 minutos

#### KPI 2: Minimizar el Costo Total del Transporte

La solución J es la mejor.

- Modo: Automotor 
- Itinerario: Zárate - Buenos Aires - Mar del Plata
- Costo total: \$77.215
- Tiempo total: 352 minutos

## 8. Aspectos Técnicos y Consideraciones Generales

### 8.1. Modelado de Datos

- Deberán diseñar una estructura de clases clara y eficiente en Python para representar la red de transporte (nodos, conexiones), los tipos de vehículos (con sus características como frecuencia, alcance, etc.), las solicitudes de envío y los itinerarios.
- Se deben utilizar unidades métricas consistentes: distancias en kilómetros (km), pesos en kilogramos (kg).
- El tiempo debe manejarse de forma coherente, preferentemente en horas o una unidad base que facilite los cálculos de horarios y duraciones.

### 8.2. Entrada de Datos

- La descripción de la red de transporte (nodos, conexiones) se proporcionará a través de archivos en formato CSV, cuyo formato exacto será definido por los profesores. Los vehículos se proporcionarán en una diapositiva disponible en el campus.
- Las solicitudes de envío también se especificarán en un formato de entrada definido CSV.

### 8.3. Salida de los Planificadores

Si se encuentra un itinerario válido: El planificador deberá entregar el plan calculado. Este "itinerario" debe incluir, como mínimo:

- El modo de transporte seleccionado.
- La secuencia de los tramos que recorren (nodo origen y nodo fin de cada tramo).
- El tiempo total.
- El costo total.
- El valor final del KPI que se optimizó (tiempo total o costo total).

### 8.4. Interfaz de Usuario y Visualizaciones

- Interfaz Principal: El programa deberá ser una aplicación de línea de comandos (CLI) que permita cargar desde archivos los datos de la red, las definiciones de vehículos, procesar una o varias solicitudes de envío y mostrar los resultados.

- Gráficos Requeridos: Como parte de la salida o como una funcionalidad adicional, el programa deberá ser capaz de generar los siguientes gráficos para un itinerario calculado:
  1. Distancia Acumulada vs. Tiempo Acumulado: Un gráfico que muestre cómo progresó la distancia recorrida por la carga a lo largo del tiempo total del itinerario.
  2. Costo Acumulado vs. Distancia Acumulada: Un gráfico que muestre cómo se acumula el costo a medida que la carga recorre distancia.
- Se valorará la entrega de gráficos extra que relacionen otras dimensiones relevantes del problema y ayuden a visualizar la solución.

## 9. Consideraciones para la Evaluación

La evaluación del trabajo práctico se basará en:

- Se debe realizar un main que pruebe fehacientemente la funcionalidad solicitada: Levantamiento de datos desde archivos CSV, procesamiento de solicitudes y escritura de resultados.
- Deberán realizar pruebas extensivas. El programa debe poder funcionar con archivos de prueba distintos a los sugeridos con:
  - Diferente cantidad de nodos.
  - Diferente cantidad de conexiones.
  - Múltiples solicitudes de transporte con distintas cantidades de carga, destinos alcanzables, inalcanzables
- Corrección de la Lógica: La capacidad de los planificadores para encontrar itinerarios válidos y óptimos según los KPI propuestos.
- Diseño Orientado a Objetos: La claridad, modularidad y correctitud del diseño de clases implementado. Correcto diseño de clases, uso de atributos y métodos de instancia, clase y estáticos. Es importante entender que se evalúa principalmente el correcto uso del paradigma POO y de todas las estructuras vistas en la materia.
- Adicionalmente se hace hincapié en la funcionalidad del proyecto. Por ello es muy importante que el programa corra sin errores: se debe testear a conciencia todo el código.
- Precisión de los cálculos: La correcta implementación de los cálculos de tiempo, costo y otros factores relevantes.
- Validez de los Planes: La generación de itinerarios que respeten todas las restricciones del problema.
- Optimización: La capacidad de la solución para optimizar los diferentes KPIs (tiempo y costo) en diversos escenarios de prueba.

- Finalmente, la organización, legibilidad y las buenas prácticas de programación han de ser cuestiones muy tenidas en cuenta. Todo el código debe estar claramente comentado mediante docstrings (investigar) y adicionalmente se debe entregar un archivo “README.md” que explique los principales desafíos que encontraron en el proyecto y las decisiones de diseño (pueden discutir uso de estructuras, lógica de alguna función en particular, atributos adicionales de alguna clase, etc.)
- **Forma de entrega:** Se entregará un link al repositorio con el código y las explicaciones necesarias en un archivo README.md. El historial del repositorio deberá representar la participación de todos los integrantes del grupo y la progresión del proyecto a lo largo de las clases.