

# Trabajo Práctico

## Especial Nº 3

PROGRAMACION LINEAL PARTICULAR  
PROBLEMA DEL TRANSPORTE

Autores:

Nazareno Pisoni

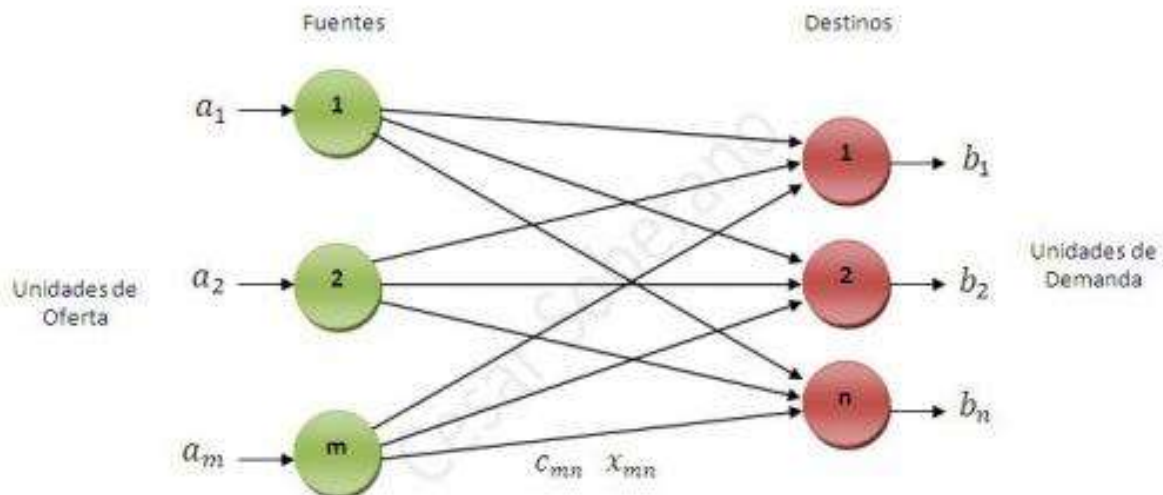
Agustin Carnessali

Alan Palavecino

Mateo Francesco Mantovano

Asignatura: Elementos de la Investigación Operativa

Ciclo Lectivo: 2023



# Introducción

Se nos ha pedido que apliquemos la metodología de Programación Lineal Particular aplicando al problema de transporte.

Hemos elegido como sujeto de estudio a la empresa Pepsico de Argentina. La problemática a resolver es la logística de transporte semanal con respecto a la cantidad de unidades de fletes que se deben enviar desde cada centro de distribución hacia cada punto de venta, lo cual para solucionarlo aplicaremos la metodología Programación Lineal Particular aplicando al problema de transporte.

## Marco Teórico:

Hemos elegido Programación Lineal Particular aplicando al problema de transporte, ya que justamente nos encontramos frente a un problema de logística de transporte en el cual debemos encontrar la forma mas económica de poder llegar a todos los destinos.

Los problemas de Transporte, Transbordo y Asignación son aplicaciones especiales de la programación lineal.

Pueden resolverse a través del método Simplex, sin embargo, su estructura especial permite resolverlos rápida y eficientemente mediante algoritmos especiales.

En cuanto al problema del transporte podemos indicar que su objetivo es minimizar el costo total de envío de un producto (o productos) desde los centros de suministro a los centros de demanda bajo las siguientes restricciones:

- cada centro de demanda recibe su requerimiento;
- los envíos desde un centro de suministro no exceden su capacidad disponible.

Refiriéndonos al modelo matemático del mismo podemos observar que:

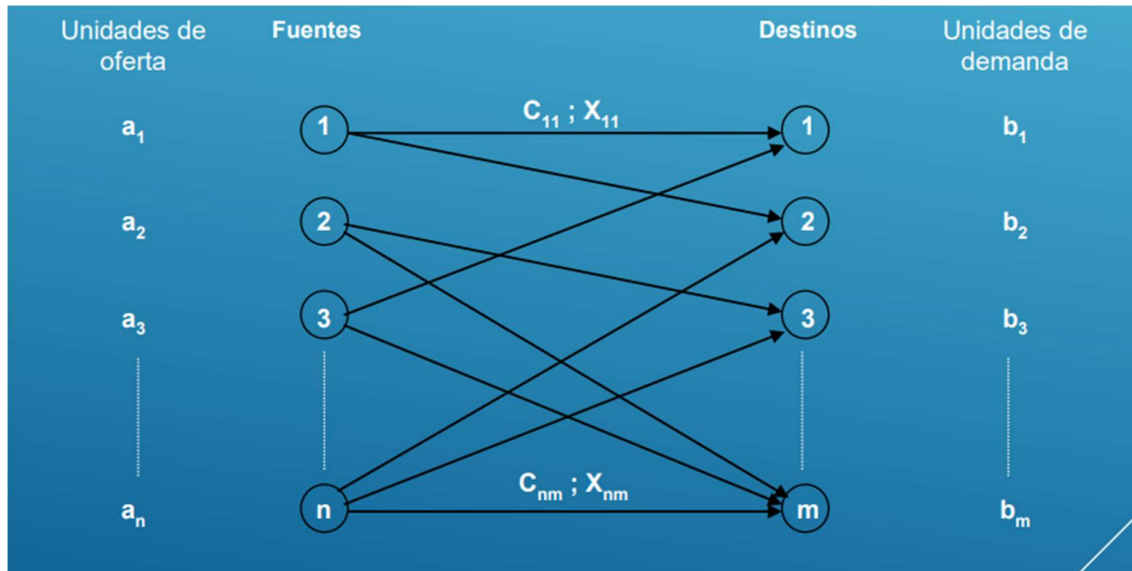
$x_{ij}$  cantidad de unidades a enviar desde el origen  $i$  al destino  $j \Rightarrow$  Cantidad a transportar

$c_{ij}$  costo de enviar una unidad desde el origen  $i$  al destino  $j \Rightarrow$  Costo unitario de transporte<sup>1</sup>

$a_i$  cantidad de unidades de oferta del origen  $i \Rightarrow$  Nivel de oferta

$b_j$  cantidad de unidades de demanda del destino  $j \Rightarrow$  Cantidad demandada

Se puede representar el modelo mediante una red cuyos nodos indicarán las fuentes y destinos, y los arcos las rutas de transporte.



Estos modelos de transporte como ya mencionamos anteriormente tiene una función objetivo:

La cual tendrá la siguiente forma:

Función Objetivo: 
$$\text{minimizar } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \quad \forall i=1, \dots, n \text{ y } j=1, \dots, m$$

La cual se encontrará sujeta a las siguientes restricciones:

la suma de los envíos no puede ser mayor que la oferta

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq a_i$$

la suma de los envíos debe satisfacer la demanda

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = b_j$$

condición de no negatividad

$$x_{ij} \geq 0$$

Podemos observar que el modelo tiene  $(n+m)$  restricciones, además de las condiciones de no negatividad, esto llevado a los problemas reales implica un número elevado de restricciones. Por este motivo, se prefieren utilizar algoritmos específicos que han sido desarrollados para lograr mayor rapidez y eficiencia de cálculo en lugar del método Simplex.

El modelo presentado, implica que la oferta total deba ser superior a la demanda total.

Cuando la oferta total es igual a la demanda total se dice que se está ante un modelo de transporte equilibrado.

En la vida real se pueden presentar variantes adicionales al problema de transporte que pueden resolverse realizando ligeras modificaciones al modelo.

Estos casos especiales son:

1. La oferta total no es igual a la demanda total.
2. El objetivo es de maximización.
3. El problema se degenera.
4. Existen rutas inaceptables de transporte.

#### ¿Cómo trabajaremos con los modelos especiales?

En caso de hallarnos con un modelo especial, deberemos determinar la solución básica factible inicial, luego verificar que sea óptima, en caso de que sea óptima ya está resuelto y en caso de que no deberemos iterar hasta hallar una mejor solución factible.

Para solucionar los problemas anteriormente nombrados podemos hacerlo de las siguientes maneras:

##### Oferta total $\neq$ Demanda total

se soluciona incorporando un origen o un destino ficticio.

##### Objetivo es de maximización

se realiza una transformación en la tabla de ingresos o beneficios a una de costos.

##### Degeneración

se bloquea el proceso para encontrar una solución.

##### Rutas inaceptables de transporte

se asignan costos altos para evitar su selección.

### Desarrollo:

Una vez entendidos todos estos conceptos teóricos, deberemos aplicarlos y definir un problema de transporte que al menos 2 fuentes y al menos 4 destinos, plantear el modelo matemático y resolverlo mediante la aplicación POM-QM.

Para este proyecto continuaremos utilizando a Pepsico de argentina como sujeto de estudio

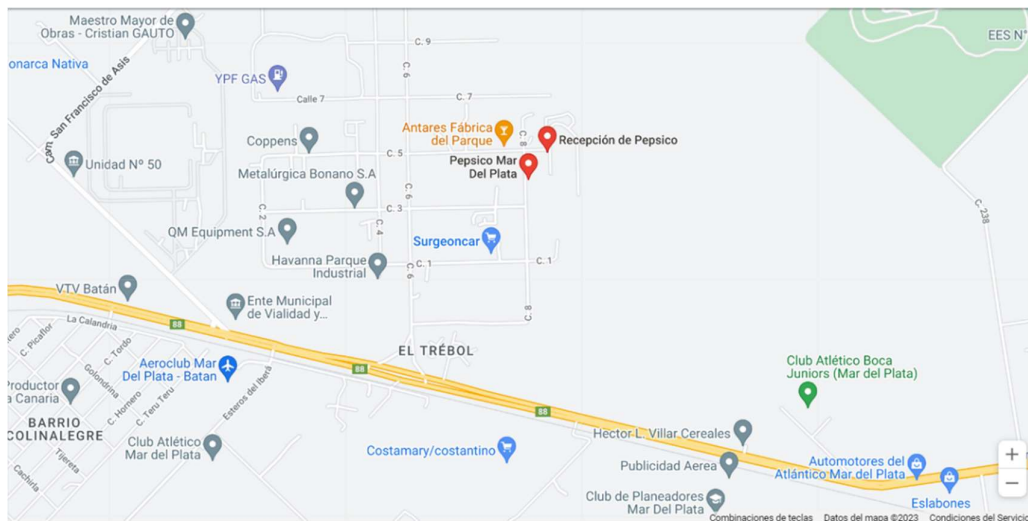
Como hemos indicado, utilizaremos como sujeto de estudio a PepsiCo de argentina, para el estudio de este proyecto hemos seleccionado dos centros de distribución, la Planta en el parque general Savio de Mar del Plata y el depósito ubicado en el centro de distribución y logística TASA ubicado en Fátima, Buenos Aires. De esta forma teniendo 2 puntos de distribución.

Y como puntos de venta hemos elegido 5 de sus clientes, los cuales son:

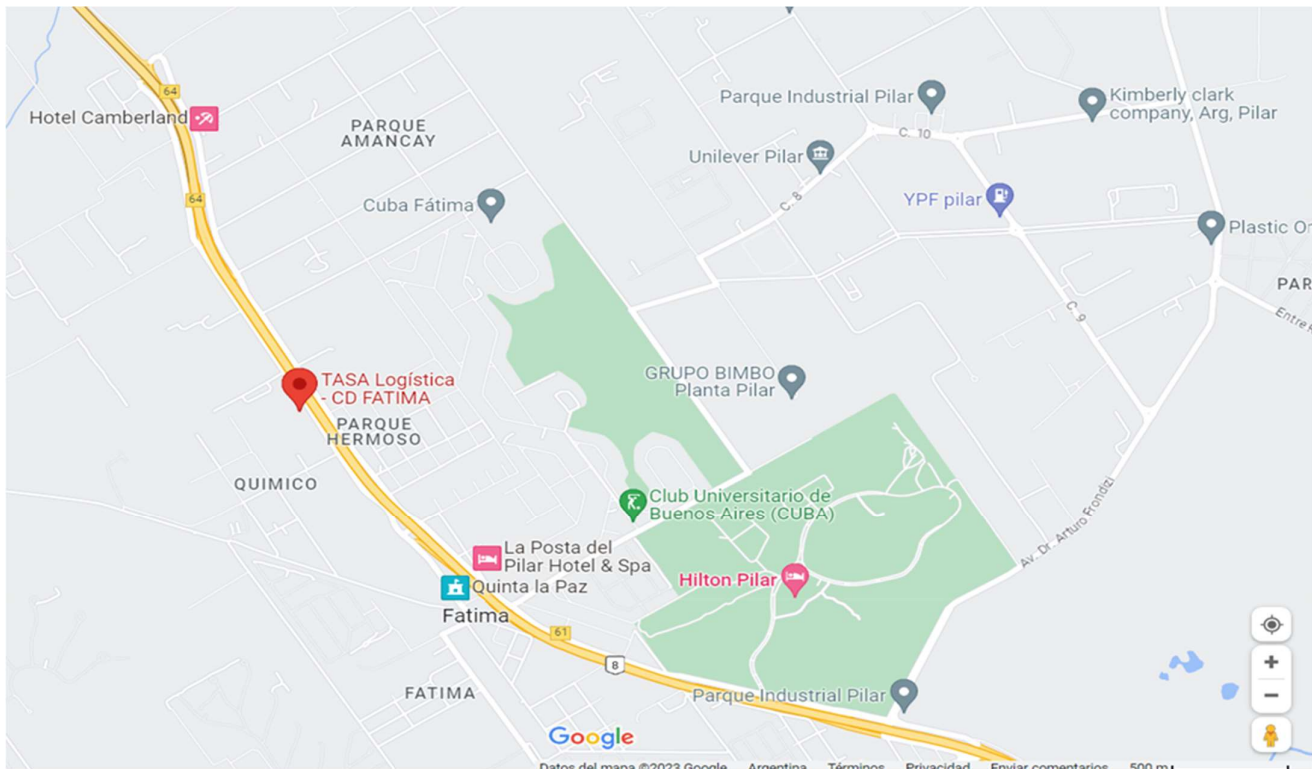
- Tienda Perfecta
- Mar&Mar
- Small Tastes S.A.
- Gebema S.R.L.
- Distribuidora Andina S.A.

Ubicación de los centros de distribución:

- Planta en Mar del Plata Parque Industrial General Savio

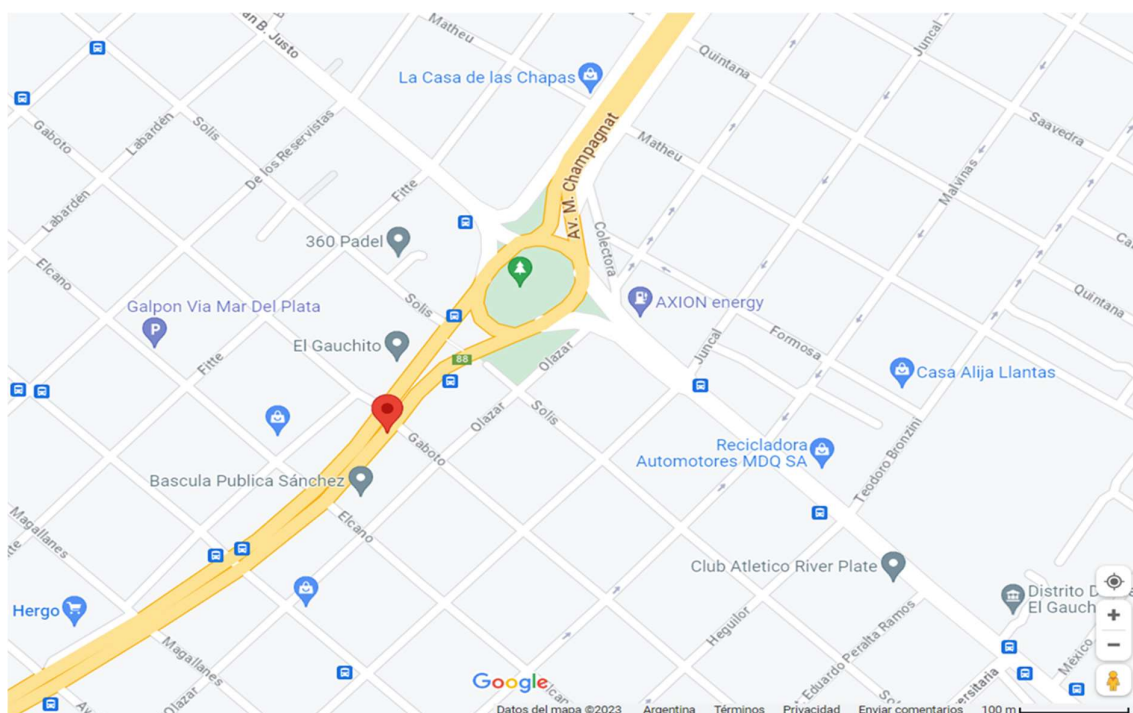


- Centro de logística y distribución TASA Ruta Nacional 8 km 63 colectora oeste Fátima PBA



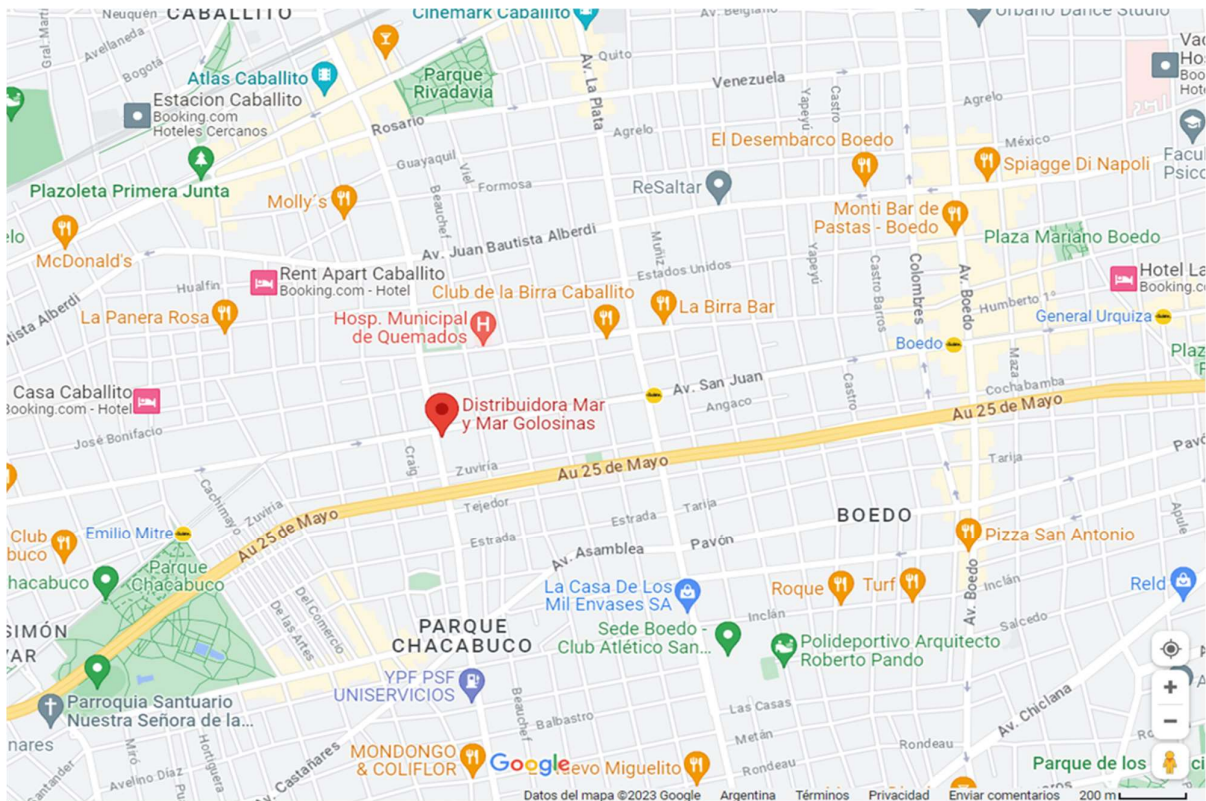
## Ubicación de los destinos

- Tienda Perfecta Av. Presidente Perón 211, Mar del Plata, BSAS

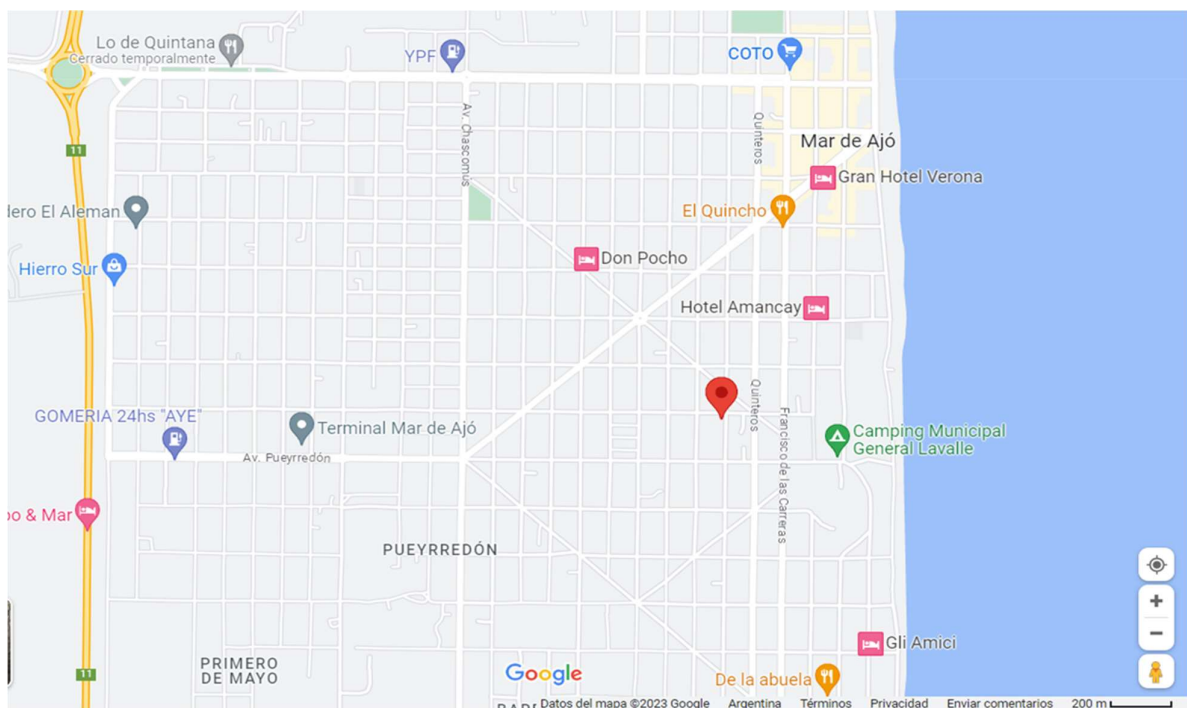




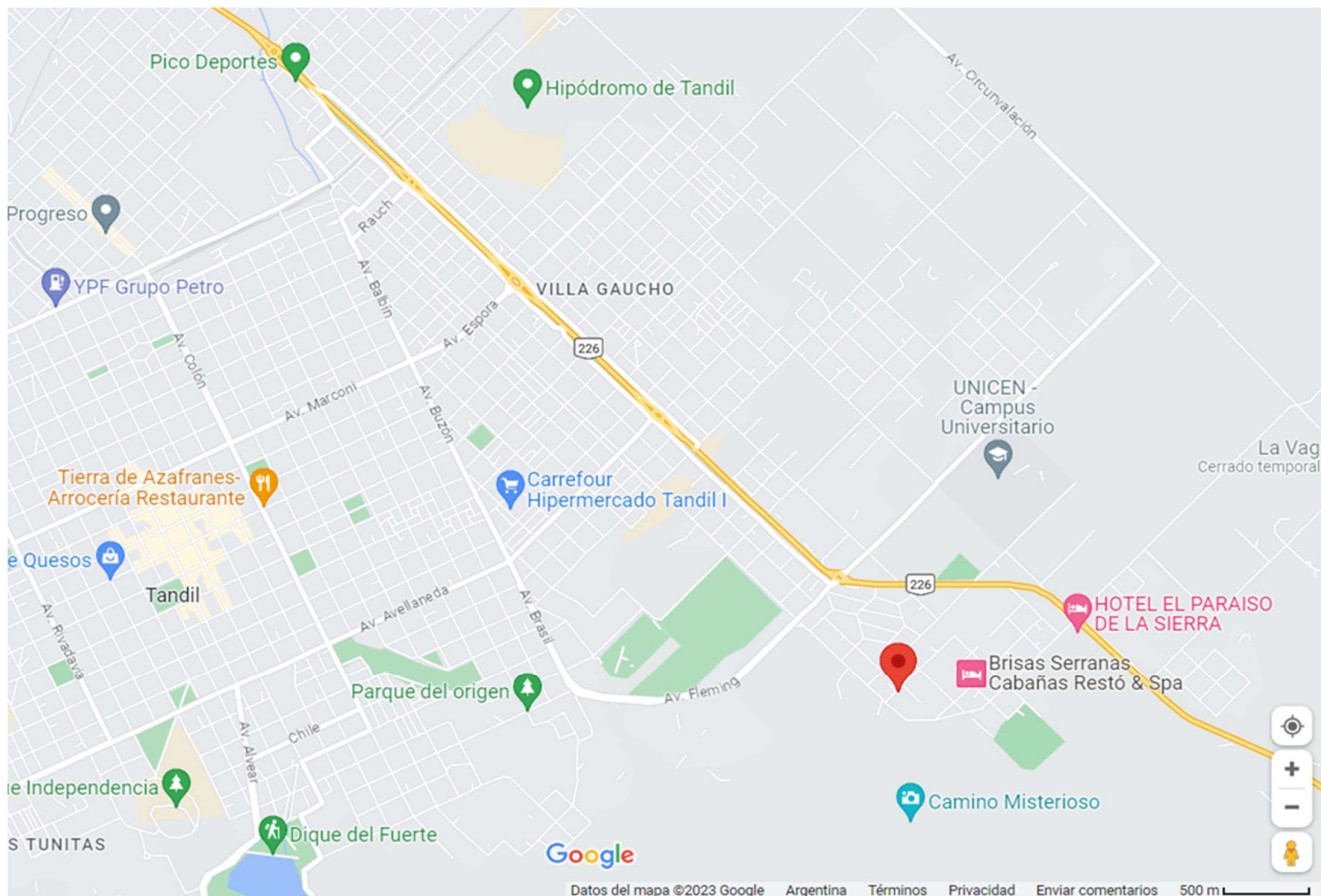
- Mar&Mar Av. Directorio 492 Caballito,CABA



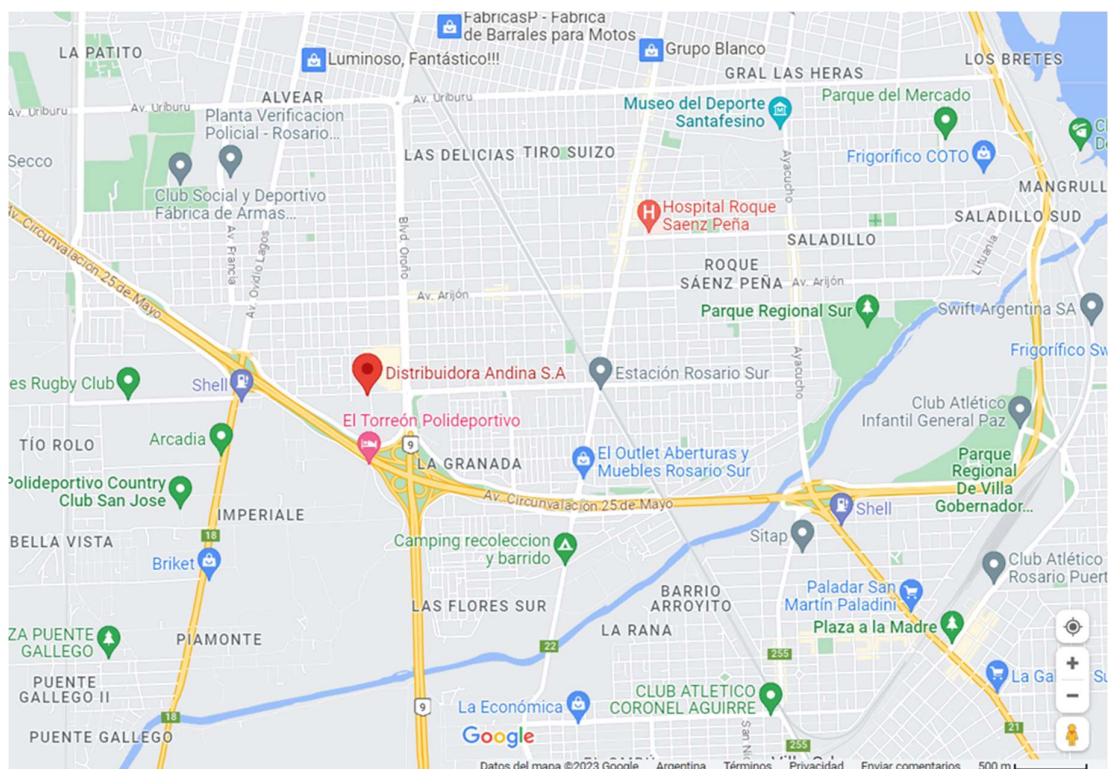
- Small Tastes S.A Ramos Mejia 552 Mar de Ajo, Buenos Aires



- Gebema S.R.L. Las Hortensias 1499 Tandil - Buenos Aires



- Distribuidora Andina S.A. Av. José Batlle y Ordóñez 2415, Rosario, Santa Fe





## Distancias entre centros y puntos

Para poder continuar con la formulación del modelo debemos obtener las distancias entre centros y puntos de venta, en este cuadro podemos apreciar la distancia en kilómetros entre cada centro de distribución y cada uno de los puntos de venta que representamos en este problema

CENTROS DE DISTRIBUCION	PUNTOS DE VENTA				
	Tienda Perfecta	Mar&Mar	SMALL TASTES S.A	GEBEMA S.R.L.	DISTRIBUIDORA ANDINA S.A
PLANTA PEPSICO SAVIO	7,6km	424km	194km	166km	710km
CDM-TASA FATIMA	478 km	73 km	431km	411km	241km

## Costos, Demandas y Ofertas

En base a la información obtenida, pudimos obtener el costo de realizar cada transporte, detallamos el costo por km y tenemos un costo mínimo en caso de no superar los 70km

COSTO POR KILOMETRO	\$ 412,00
COSTO MINIMO EN CASO DE NO SUPERAR 70KM	\$ 30.000,00

## Demanda:

En este cuadro podemos observar la demanda de cada punto de venta expresada en unidades de fletes semanales

	Tienda Perfecta	Mar&Mar	SMALL TASTES S.A	GEBEMA S.R.L.	DISTRIBUIDORA ANDINA S.A
DEMANDA	2	3	2	3	4

## Oferta:

En este otro cuadro se observa la oferta de cada uno de los centros de distribución expresada en unidades de fletes semanales disponible para despachar hacia cada destino

CENTROS DE DISTRIBUCION	OFERTA
PLANTA PEPSICO SAVIO	10
CDM-TASA FATIMA	6

Costo de envío de cada unidad desde cada centro de distribución hacia cada uno de los puntos de venta:

El siguiente cuadro indica costos por unidad de fletes por cada uno de los puntos de venta desde el centro de distribución Planta PepsiCo Savio

PLANTA PEPSICO SAVIO	KM	PRECIO POR FLETE
Tienda Perfecta	7,6	\$ 33.131,20
Mar&Mar	424	\$ 174.688,00
SMALL TASTES S.A	194	\$ 79.928,00
GEBEMA S.R.L.	166	\$ 68.392,00
DISTRIBUIDORA ANDINA S.A	710	\$ 292.520,00

El siguiente cuadro indica costos por unidad de fletes por cada uno de los puntos de venta desde el centro de distribución CDM-TASA Fatima

CDM-TASA FATIMA	KM	PRECIO POR FLETE
Tienda Perfecta	478	\$ 196.936,00
Mar&Mar	73	\$ 30.076,00
SMALL TASTES S.A	431	\$ 177.572,00
GEBEMA S.R.L.	411	\$ 169.332,00
DISTRIBUIDORA ANDINA S.A	241	\$ 99.292,00

## Variables a considerar:

Las variables a tener en cuenta en este modelo matemático las cuales representan unidades de fletes enviadas a cada punto de venta desde cada centro de distribución son:

- Xstp: unidades de fletes enviados desde Savio a Tienda Perfecta por semana
- Xsmm: unidades de fletes enviados desde Savio a Mar&Mar por semana
- Xsst: unidades de fletes enviados desde Savio a Small Tastes S.A por semana
- Xsg: unidades de fletes enviados desde Savio a Gebema S.R.L
- Xsda: unidades de fletes enviados desde Savio a Distribuidora Andina S.A por semana
- Xttp: unidades de fletes enviados desde TASA a Tienda Perfecta por semana
- Xtmm: unidades de fletes enviados desde TASA a Mar&Mar por semana
- Xtst: unidades de fletes enviados desde TASA a Small Tastes S.A por semana
- Xtg: unidades de fletes enviados desde TASA a Gebema S.R.L por semana
- Xtda: unidades de fletes enviados desde TASA a Distribuidora Andina S.A por semana

## Función Objetivo:

En base a los cuadros anteriores y las variables podemos llegar a la siguiente función objetivo en la cual se busca minimizar los gastos de transporte

$$Z_{\min} = (X_{stp}) * \$33.131 + (X_{smm}) * \$174.688 + (X_{sst}) * \$79.928 + (X_{sg}) * \$68.392 + (X_{sda}) * \$292.520 \\ + (X_{ttp}) * \$196.936 + (X_{tmm}) * \$30.076 + (X_{tst}) * \$177.572 + (X_{tg}) * 169.332 + (X_{tda}) * \$99.292$$

## Restricciones:

La misma Función Objetivo se encuentra restringida por las siguientes restricciones:

- Planta PepsiCo Savio:  $X_{stp} + X_{smm} + X_{sst} + X_{sg} + X_{sda} \leq 10$  fletes semanales
- CDM-TASA Fatima:  $X_{ttp} + X_{tmm} + X_{tst} + X_{tg} + X_{tda} \leq 6$  fletes semanales
- Tienda Perfecta:  $X_{stp} + X_{ttp} \leq 2$  fletes semanales
- Mar&Mar:  $X_{smm} + X_{tmm} \leq 3$  fletes semanales
- Small Tastes S.A:  $X_{sst} + X_{tst} \leq 2$  fletes semanales
- Gebema S.R.L:  $X_{sg} + X_{tg} \leq 3$  fletes semanales
- Distribuidora Andina S.A  $\leq 4$  fletes semanales
- Restriccion de no negatividad:  $X_{stp}, X_{smm}, X_{sst}, X_{sg}, X_{sda}, X_{ttp}, X_{tmm}, X_{tst}, X_{tg}, X_{tda} \geq 0$

## Continuamos con la resolución mediante el SoftWare POM-QM

Para esto utilizaremos el modulo Transportation

### Formulación del modelo

Primero cargamos los datos al QM para poder proceder a operar con los mismos teniendo en cuenta que los valores de la fila Demanda y la columna Supply representan unidades de fletes y los valores en las intersecciones de puntos de venta y centros de distribucion representa el valor de un flete en pesos argentinos

	Tienda Perfecta	Mar&Mar	SmallTastes	Gebema	Distrinbiudora Andina	Supply
PLANTA SAVIO	33131	174688	79928	68392	292520	10
CDM TASA FATIMA	196936	30076	177572	169332	99292	6
DEMANDA	2	3	2	3	4	

### Resultados de transporte

Aqui se nos muestran cuantos fletes seran enviados desde cada centro de distribución hacia cada punto de venta

Transportation Shipments						
Optimal solution value = \$1063302	Tienda Perfecta	Mar&Mar	SmallTastes	Gebema	Distrinbiudora Andina	Dummy
PLANTA SAVIO	2	1	2	3		2
CDM TASA FATIMA		2			4	

El resultado de la columna Dummy no debe ser tomado en cuenta ya que es un destino ficticio que unicamente sirve para equilibrar la oferta y la demanda

## Costo Minimo de Transporte

Para obtener el costo minimizado de transporte debemos multiplicar la cantidad de unidades transportadas por el precio unitario de transporte de las mismas o hacer la sumatoria de valores del "Shipment Cost"

From	To	Shipment	Cost per unit	Shipment cost
PLANTA SAVIO	Tienda Perfecta	2	33131	66262
PLANTA SAVIO	Mar&Mar	1	174688	174688
PLANTA SAVIO	SmallTastes	2	79928	159856
PLANTA SAVIO	Gebema	3	68392	205176
PLANTA SAVIO	Dummy	2	0	0
CDM TASA FATIMA	Mar&Mar	2	30076	60152
CDM TASA FATIMA	Distribuidora	4	99292	397168

$$Z = (2) * \$33.131 + (1) * \$174.688 + (2) * \$79.928 + (3) * \$68.392 + (2) * 0 + (2) * \$30.076 \\ + (4) * \$99.292$$

$$Z = \$66.262 + \$174.688 + \$159.856 + \$205.176 + \$0 + \$60.152 + \$397.168$$

$$Z = \$1.063.302$$

Luego de estos calculos llegamos a la conclusion de que el resultado optimo por el transporte de todos los fletes de camiones seria de \$1.063.302 pesos argentinos



## Plan Mínimo Gasto de transporte:

Como resultado obtenemos que para minimo gasto se deben transportar:

- 2 unidades de fletes semanales desde la planta de savio hacia Tienda Perfecta
- 1 unidad de fletes semanales desde la planta de savio hacia Mar&Mar
- 2 unidades de fletes semanales desde la planta de savio hacia Small Tastes
- 3 unidades de fletes semanales desde la planta de savio hacia Gebema
- 2 unidades de fletes semanales desde CDM - Tasa Fatima hacia Mar&Mar
- 4 unidades de fletes semanales desde CDM - Tasa Fatima hacia Distribuidora Andina

Podemos agregar que si se optara por habilitar mas fletes desde CDM TASA se podria disminuir aun mas el gasto de transporte ya que contamos con 1 unidad que se dirige hacia Mar&Mar que sale desde Planta Savio en Mar del Plata cuando CDM - Tasa Fatima se encuentra mucho mas cercano a Mar&Mar. También el QM nos genera un punto de venta ficticio ya que hay fletes ofertados desde Savio mar del plata que no se utilizan.

## Conclusión

Revisando estos datos Podemos concluir que al haber exceso de oferta en el centro de distribucion Planta Savio Mar del Plata podriamos buscar nuevos clientes cerca del mismo o no contratar estos fletes y en su lugar utilizar estos recursos para poder contratar mas fletes desde el centro CDM-Tasa y de esta manera poder cubrir la falta de oferta que se vio reflejada en los resultados arrojados por el QM.

Debemos tener en cuenta que esto se puede dar ya que la vision de los puntos de venta que usamos para el estudio es acotada, ya que pepsico tiene una cantidad mucho mas grande de clientes por lo tanto puede haber un sesgo en el studio realizado por lo cual se produce esta falta de oferta por parte de CDM-TASA y un exceso de oferta desde la planta de Savio.

Como por ejemplo la ruta Savio-Mar&Mar es una ruta que no se debería a hacer salvo casos especiales, ya que es mas barato el trayecto CDM-TASA a Mar&Mar, sin embargo debido a los sesgos mencionados se da esta ruta.

# Bibliografía:

## De libro:

David R. Anderson, Jeffrey D. Camm, Dennis J. Sweeney, Kipp Martin, R. Martin, Thomas Arthur Williams, "Métodos Cuantitativos Para Los Negocios", Capitulo 6, CENGAGE Learning, 21 de diciembre de 2010

## Direcciones de Internet:

[https://campus.mdp.utn.edu.ar/pluginfile.php/2798/mod\\_folder/content/0/030-Programacion%20Matem%C3%A1tica%20-PLP-Transporte.pdf?forcedownload=1](https://campus.mdp.utn.edu.ar/pluginfile.php/2798/mod_folder/content/0/030-Programacion%20Matem%C3%A1tica%20-PLP-Transporte.pdf?forcedownload=1)

recuperado el día 30/05/2023

[https://campus.mdp.utn.edu.ar/pluginfile.php/2798/mod\\_folder/content/0/Material%20para%20seguimiento%20PLP.pdf?forcedownload=1](https://campus.mdp.utn.edu.ar/pluginfile.php/2798/mod_folder/content/0/Material%20para%20seguimiento%20PLP.pdf?forcedownload=1)

recuperado el día 30/05/2023

## Comunicaciones Personales:

J. Castañer (comunicación personal, 01 de junio, 2023).

L. Scenna (comunicación personal, 13 de junio, 2023).

