

---

**Fecha de entrega**

*Formato electrónico:* Lunes 23 de Diciembre de 2024, hasta las **23:59 hs**, enviando el trabajo a las direcciones `imendez@dc.uba.ar` y `pzabala@dc.uba.ar`. El subject del email debe comenzar con el texto [TP1] la lista de apellidos de los alumnos. Todos los integrantes del grupo deben estar copiados en el mail.

**Parte 1:****Problema**

Consideremos una empresa que debe distribuir productos a un conjunto de clientes. Asumimos que las demandas de dichos clientes entran en un único camión. En la actualidad, el camión visita a cada cliente y entrega el pedido. Con el fin de ahorrar costos por tener que concurrir a cada domicilio, la empresa quiere evaluar la posibilidad de contratar repartidores a pie/bicicleta que hagan algunas entregas. La metodología que se desea evaluar es la siguiente: el camión hará paradas en algunos de los clientes. Desde estas paradas, algunas entregas que disten a lo sumo a  $d_{max}$  de ese lugar, puedan ser repartidas a pie/bicicleta. Por lo tanto, lo que hay que identificar es cuáles serán las paradas del camión (clientes cuyo pedido es satisfecho por el camión) y por cada parada, quiénes son los clientes que serán visitados a pie/bici por un repartidor.

En este trabajo práctico nos interesa poder comparar los costos de continuar con la metodología actual con la nueva manera de distribución.

Para esto vamos a contar con la siguiente información:

- La cantidad  $n$  de clientes a quienes se debe satisfacer la demanda.
- Hay productos que exigen refrigeración.
- La distancia  $d_{ij}$  entre todo par de clientes  $i$  y  $j$  y el costo  $c_{ij}$  de desplazar el camión desde  $i$  a  $j$ .
- Cada repartidor a pie/bici que se contrate tiene un costo de *costo\_repartidor* por cada cliente que deba visitar.
- La distancia máxima a la que puede estar un cliente de la parada del camión y que será visitado por un repartidor a pie/bici es de  $d_{max}$ .

La solución debe indicar el recorrido del camión, especificando qué clientes visitados a pie/bici están asociados a cada una de las paradas que realiza.

Considerar que:

- Que un cliente se encuentre a una distancia menor a  $d_{max}$  de una parada, no significa que será atendido por un repartidor a pie/bici. Podría ser una nueva parada del camión.

- Por cuestiones de mantenimiento de los productos refrigerados, no puede haber más de una entrega de productos refrigerados a pie/bici por un mismo repartidor.

Si se cumplen las anteriores restricciones, la asignación es factible. De todas maneras, existen dos restricciones más que son deseables. Es decir, vamos a querer evaluar en cuánto se incrementa el costo si son consideradas. Las restricciones son:

- Queremos asegurar que cada repartidor a pie/bici contratado realice al menos 4 entregas.
- Que haya determinados clientes que deban ser visitados por el camión.

El costo de distribución de una solución está compuesto por el costo de traslado del camión más los costos de los repartidores contratados. El objetivo es minimizar el costo de distribución.

## Resolución

Para las instancias considerar un archivo con el siguiente formato:

- Primera línea: un entero que representa la cantidad de clientes, *cantidad\_clientes*. Asumimos que los clientes se identifican con los *ids*  $1, \dots, n$ .
- Segunda línea: un entero que representa el costo por cada entrega de un repartidor a pie/bici, *costo\_repartidor*.
- Tercera línea: un entero que representa la distancia máxima a un parada del camión para poder asignar un cliente a un distribuidor a pie/bici, *d\_max*.
- Cuarta línea: un entero que representa la cantidad de clientes con entrega refrigerada, *cantidad\_refrigerados*.
- Siguiendo *cantidad\_refrigerados* líneas: enteros que representan los *id* de los clientes cuya entrega es refrigerada.
- Línea *cantidad\_refrigerados* + 4: un entero que representa la cantidad de clientes que deben ser visitados por el camión, *cantidad\_exclusivos*.
- Siguiendo *cantidad\_exclusivos* líneas: enteros que representan los *id* de los clientes cuya entrega debe ser realizada por el camión.
- Siguiendo líneas: dos enteros con los *ids* de dos clientes  $i, j$ , un entero  $c_{ij}$  que representa la distancia entre  $i$  y  $j$  y otro entero  $d_{ij}$  que representa el costo de mover el camión entre  $i$  a  $j$ . Para los pares de clientes que no figuran se asume distancia y costo muy grande entre ellos.

La resolución del trabajo consiste en la realización de un modelo que calcule el costo de la metodología actual y otro modelo que calcule el costo de la nueva metodología propuesta. Además, evaluar la pérdida de considerar las restricciones deseables. Resolver diferentes instancias del problema mediante el paquete CPLEX y la entrega de un informe. Generar

instancias que consideren adecuadas para poder sacar conclusiones sobre la experimentación, evaluar diferentes alternativas algorítmicas mediante los parámetros que provee el CPLEX y discutir los resultados obtenidos. Evaluar diferentes escenarios considerando diferentes valores en los datos de entrada.

Contamos con una implementación preliminar para el problema con la lectura de los datos de una instancia.

Luego de realizar la lectura de los datos, estos se encuentran guardados en una instancia de la clase *InstanciaRecorridoMixto* que contiene los siguientes campos:

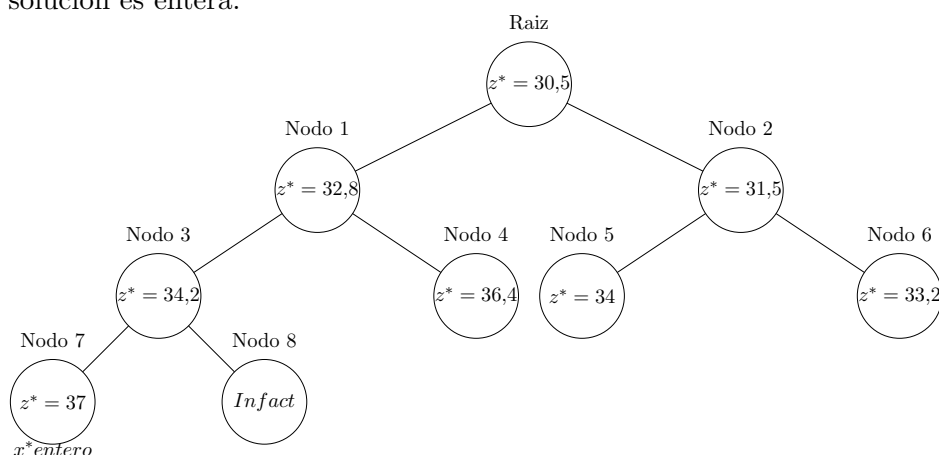
- *cantidad\_clientes*: entero que representa la cantidad de clientes.
- *costo\_repartidor*: entero que representa el costo por cada cliente visitado por un repartidor.
- *d\_max*: entero que representa la distancia máxima a un parada del camión para poder asignar un cliente a un distribuidor a pie/bici.
- *refrigerados*: lista con los ids de los clientes con entrega refrigerada.
- *exclusivos*: lista con los ids de los clientes que deben ser visitados por el camión.
- *distancias*: matriz con la distancia entre todo par de clientes.
- *costos*: matriz con el costo de traslado entre todo par de clientes.

## **Parte 2:**

1. Se considera un conjunto de 25 personas a partir de las cuales se desea armar 7 grupos de 3 integrantes cada uno. Entre cada par de personas, se conoce un valor de preferencia por estar juntas en un mismo grupo. Asumimos que es recíproco y lo denominaremos  $Pref_{ij}$ . Existen algunas restricciones en el armado de grupos que indicamos a continuación:
  - La persona 1 debe estar en el mismo grupo que la persona 20, en el caso que ambas sean elegidas.
  - La persona 6 debe elegirse si se elige la persona 12, no necesariamente para el mismo grupo.
  - La persona 5 puede elegirse sólo si también se elige la persona 18, no necesariamente para el mismo grupo.
  - A lo sumo se pueden elegir dos personas entre las 7, 8, 14 y 16 para ser parte de algún grupo, no necesariamente el mismo.
  - Se debe elegir al menos una de las persona 11, 13, 23 o al menos dos personas entre las 9, 25, 5, 14, no necesariamente para el mismo grupo.
  - Las personas 17 y 21 están en el exterior por lo cual, si son elegidas para formar parte de algún grupo, hay un costo adicional por cada una de  $CostoAdicional\$$
  - Se cuenta con un presupuesto máximo de  $Max\$$ .

Formule un modelo de programación lineal entera para obtener los 7 grupos buscando maximizar la suma de las preferencias.

2. Supongamos que el siguiente árbol de B&B corresponde a la resolución de un problema de minimización con variables enteras. Para cada nodo del árbol se informa el valor de la cota inferior brindada por la resolución de la relajación asociada al nodo y se aclara si la solución es entera.



Responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la mejor cota LB? y UB?
- ¿Qué nodos pueden ser cerrados?
- ¿Qué nodo procesaría si usara la regla Mejor cota?
- ¿Qué nodo procesaría si usara la regla Profundidad?

3. Responder Verdadero o Falso a las siguientes afirmaciones. Justificar la respuesta

- a) Siempre es mejor realizar el proceso de *branching* basado en la variable más fraccionaria.
- b) Las desigualdades *cover* pueden aplicarse como planos de corte a cualquier problema de programación lineal entera binaria.
- c) Redondear una solución óptima fraccionaria nunca brinda el óptimo entero.
- d) En el caso que un problema sea factible, un algoritmo tipo Branch and Cut siempre encuentra el óptimo.
- e) En el caso que un problema sea factible, un algoritmo de planos de corte siempre converge a la solución óptima.
- f) Un algoritmo tipo Branch and Cut puede utilizarse como un algoritmo heurístico.
- g) Un algoritmo de separación no puede ser un algoritmo heurístico.
- h) Un algoritmo tipo Branch and Cut debe usar una heurística primal.
- i) La única posibilidad de cerrar un nodo del árbol de B&B es si la relajación lineal asociada es no factible.
- j) Si el óptimo de la relajación lineal tiene coordenadas enteras entonces es el óptimo del problema entero.

- k) En un algoritmo tipo Branch and Cut o tipo Branch and Bound, el *gap* nos da una cota superior del error de la mejor solución encontrada hasta el momento.
- l) Un recorrido en profundidad del árbol de B&B siempre es más eficiente que un recorrido a lo ancho.
- m) En un problema de programación lineal entera de maximización, el valor óptimo de la relajación lineal provee una cota superior del valor óptimo entero.
- n) Redondear una solución óptima de la relajación lineal nunca puede dar una solución óptima entera.
- ñ) Hay problemas de programación lineal entera fáciles de resolver.
- o) Un algoritmo de separación siempre encuentra una restricción violada (si existe).