

Fecha de entrega

Formato electrónico: Viernes 19 de Diciembre de 2025, hasta las **23:59 hs**, enviando el trabajo a la dirección `imendez@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 sale de un depósito, visita a cada uno de los clientes y entrega su 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 y/o vehículos de menor tamaño. 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_bici} de ese lugar, puedan ser repartidas en bicicleta. Por otro lado, si distan a lo sumo a d_{max_veh} pueden ser entregadas por vehículos menores. 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 en bicicleta por un repartidor o en un vehículo menor.

Debe tenerse en cuenta además que un repartidor en bicicleta puede visitar a lo sumo 2 clientes. En el caso de un repartidor con un vehículo de menor tamaño, hasta 5 clientes. Asumimos además que en cada parada puede usarse a lo sumo un repartidor en bicicleta ó (excluyente) a lo sumo un repartidor en un vehículo menor.

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

Para esto se cuenta con la siguiente información:

- La cantidad n de lugares a visitar. Asumimos que 1 es el depósito.
- 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 .
- El costo de un repartidor en bicicleta $costo_bici$.
- El costo de un repartidor en vehículo de menor tamaño $costo_veh$.
- La distancia máxima a la que puede estar un cliente de la parada del camión y que será visitado por un repartidor en bicicleta (d_{max_bici}).

- La distancia máxima a la que puede estar un cliente de la parada del camión y que será visitado por un repartidor en vehículo de menor tamaño (d_{max_veh}).

La solución debe indicar el recorrido del camión, especificando qué clientes son visitados en bicicleta o en vehículos de menor tamaño que están asociados a cada una de las paradas que realiza.

Considerar que:

- Que un cliente se encuentre a una distancia menor a d_{max_bici} o d_{max_veh} de una parada, no significa que será atendido por un repartidor en bicicleta o vehículo menor. 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 en bicicleta o en vehículo menor por un mismo repartidor.

Si se cumplen las anteriores restricciones, la asignación es factible. De todas maneras, existen cuatro 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 haya al menos un tercio de los clientes que no sean visitados por el camión principal.
- Que haya determinados clientes que deban ser visitados por el camión.
- Que haya un límite máximo total de repartidores.
- Que haya precedencia entre algunos clientes 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 en bicicleta y en vehículos menores 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* $1, \dots, n$ y que 1 es el depósito.
- Segunda línea: un entero que representa el costo por repartidor en bicicleta, *costo_bici*.
- Tercera línea: un entero que representa el costo por repartidor en vehículo menor, *costo_veh*.
- Cuarta línea: un entero que representa la distancia máxima a una parada del camión para poder asignar un cliente a un repartidor en bicicleta, d_{max_bici} .
- Quinta línea: un entero que representa la distancia máxima a una parada del camión para poder asignar un cliente a un repartidor en vehículo menor, d_{max_veh} .

- Sexta 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* + 6: 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 . Esto debe estar para todo par i, j , incluyendo el depósito.

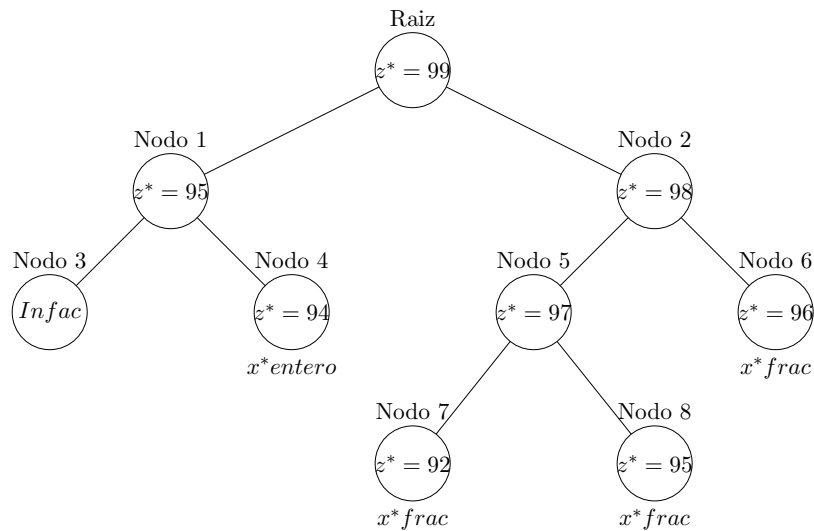
La resolución del trabajo consiste en la realización de un modelo que calcule el costo de la metodología actual y otro modelo que calcule el costo de la nueva metodología propuesta. Además, evaluar la pérdida de considerar las restricciones deseables. Resolver diferentes instancias del problema mediante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

Parte 2:

1. Una empresa de logística cuenta con 6 centros de distribución y desea abrir algunos de ellos para atender 8 zonas de entrega. Cada centro puede abastecer ciertas zonas (según una matriz de cobertura), y tiene un costo fijo de apertura de f_i , además de un costo por unidad transportada c_{ij} desde el centro i a la zona j . La demanda de cada zona j es d_j (se debe entregar exactamente esa cantidad). Cada centro i tiene una capacidad máxima u_i .

Formular un modelo de programación lineal entera para decidir qué centros abrir y cómo asignar las zonas para minimizar el costo total, teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- Se deben abrir exactamente 3 centros.
 - Cada zona debe ser atendida por un único centro.
 - Si se abre el centro 2, no puede abrirse el centro 5.
 - Si se abre el centro 1, debe atender al menos 2 zonas.
2. Supongamos que el siguiente árbol de B&B corresponde a la resolución de un problema de maximización con variables enteras. Para cada nodo del árbol se informa el valor de la cota superior brindada por la resolución de la relajación asociada al nodo y se aclara si la solución es entera o fraccionaria.



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

- La única posibilidad de cerrar un nodo del árbol de B&B es si la relajación lineal asociada es no factible.
- Si el óptimo de la relajación lineal tiene coordenadas enteras entonces es el óptimo del problema entero.
- 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.
- Un recorrido en profundidad del árbol de B&B siempre es más eficiente que un recorrido a lo ancho.
- En un problema de programación lineal entera de maximización, el valor óptimo de la relajación lineal provee una cota superior del valor óptimo entero.
- Un algoritmo tipo Branch and Cut puede utilizarse como un algoritmo heurístico.
- Un algoritmo de separación no puede ser un algoritmo heurístico.
- Siempre es mejor realizar el proceso de *branching* basado en la variable más fraccionaria.
- Las desigualdades *cover* pueden aplicarse como planos de corte a cualquier problema de programación lineal entera binaria.
- Redondear una solución óptima fraccionaria nunca brinda el óptimo entero.
- En el caso que un problema sea factible, un algoritmo tipo Branch and Cut siempre encuentra el óptimo.
- En el caso que un problema sea factible, un algoritmo de planos de corte siempre converge a la solución óptima.

- m) Un algoritmo tipo Branch and Cut debe usar una heurística primal.
- 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).