

Proyecto Modelado SenecaLibre

Grupo 7

Andrea Lucia Galindo Cera - 202122477

Santiago Navarrete Varela - 202211202

Luis Fernando Ruiz - 202211513

Introducción

En este documento se presenta el modelado matemático desarrollado por el equipo para optimizar la operación logística de Seneca Libre, con un enfoque principal en la minimización de los costos operativos. Seneca Libre, como una plataforma líder de comercio electrónico en Bogotá, enfrenta desafíos importantes debido a su rápido crecimiento en la demanda y la necesidad de mantenerse competitiva frente a grandes actores del sector. Los altos costos operativos actuales, el uso limitado de la infraestructura logística existente, y las crecientes presiones regulatorias hacen necesario un replanteamiento estratégico del modelo de distribución de la empresa.

Tomando en cuenta las diversas propuestas de los stakeholders, se ha diseñado un modelo integral que combina las soluciones más adecuadas para abordar estos desafíos. El equipo ha basado su diseño en propuestas que buscan expandir la infraestructura logística mediante la apertura de un nuevo centro de distribución, así como modernizar la flota de transporte incorporando tecnologías más eficientes, como vehículos eléctricos y drones. Estas decisiones estratégicas permiten maximizar la eficiencia en las rutas de entrega, al mismo tiempo que reducen los costos de operación y mantenimiento.

A lo largo de este documento, se explicarán detalladamente los fundamentos matemáticos que sustentan el modelo, así como las decisiones de diseño adoptadas en función de las propuestas evaluadas. Se presentará la función objetivo, centrada en la minimización de los costos operativos totales, junto con las restricciones que aseguran que las soluciones propuestas no solo sean eficientes, sino que también cumplan con los requisitos operativos y sean viables para la expansión futura de Seneca Libre. Este enfoque permitirá que la empresa afronte los retos logísticos derivados de su crecimiento y mantenga su liderazgo en el competitivo mercado del comercio electrónico.

Decisiones de diseño

Para responder a estos desafíos, hemos diseñado un modelo que combina dos soluciones fundamentales: la expansión de la infraestructura logística con la construcción de un nuevo mega centro de distribución en Soacha y la modernización de la flota de transporte mediante la incorporación de vehículos eléctricos con paneles solares y drones de alto alcance. Nuestro enfoque está estructurado para minimizar los costos a través de una gestión más eficaz de los recursos.

Nuestro objetivo es proporcionar a Seneca Libre una solución clara sobre las mejores rutas y tipos de flota para optimizar su proceso de transporte. Por lo tanto, el enfoque de nuestro modelo no se centra en aspectos internos del proceso logístico, como la capacidad de los vehículos o los tiempos de entrega. En su lugar, nuestro análisis se enfoca exclusivamente en los costos de transporte según las distancias recorridas. El objetivo principal es identificar la combinación óptima de rutas y vehículos que minimice los costos operativos, basándonos en las distancias y los costos asociados a cada tipo de transporte.

Análisis de parámetros

Hemos definido conjuntos que representan los tipos de vehículos, las localidades de la ciudad y los vehículos disponibles. Además, incluimos parámetros clave como el costo de combustible, la distancia máxima que puede recorrer cada tipo de vehículo, y sus costos de mantenimiento y operación por distancia. Estos elementos nos permiten evaluar y optimizar la asignación de recursos logísticos, buscando minimizar los costos operativos totales del sistema.

Es fundamental destacar que asumimos que Seneca Libre proporcionará la información detallada sobre los vehículos disponibles en su flota (de los tres tipos considerados). Esto es crucial para nuestro análisis, ya que buscamos optimizar la combinación más eficiente de estos vehículos en su operación.

Suposiciones

- 1. Capacidad de carga Ignorada:** Decidimos no tomar en cuenta la capacidad que tiene cada vehículo. Ya que en este caso nos fijamos solo en los costos de transporte para cubrir toda la ciudad.
- 2. Recarga de Vehículos y Drones:** Asumimos que todo tipo de transporte no necesita ser recargado durante su recorrido. Es decir, se hace la ruta completa y cualquier recarga necesaria se realiza cuando vuelva al punto de distribución.
- 3. Cantidad Vehículos:** Para nuestro modelo, es necesario que Seneca Libre aporte un aproximado de vehículos para su operación. Esto se refiere a que por cada tipo de vehículo, necesitamos información de cuantos vehículos existen.

- 4. Temporalidad Ignorada.** Nuestro modelo no busca optimizar el tiempo de entrega, ni la velocidad de esta. Solo se centra en alcanzar todos los puntos de la ciudad. Se puede ver como: las rutas óptimas que se deben tomar diariamente para cumplir con la entrega de los pedidos de los clientes.

Conjuntos

T: Tipos de Vehículos

L: Localidades de la Ciudad

K: Vehículos disponibles por Seneca Libre

Parámetros

G_i: Costo de Combustible del tipo de de vehículo i

D_i: Distancia máxima que puede recorrer el tipo de vehículo i

M_i: Costo de mantenimiento del tipo de vehículo i

CD_i: Costo por distancia del tipo de vehículo i

O_i: Origenes

A_{ij}: Representa la matriz de distancias entre cada punto de la ciudad

C_i: Capacidad del tipo de vehiculo i

D_j: Demanda del nodo de entrega j

Funciones Objetivo

Variable de decisión:

x_{ij}^{kt}: Si el vehiculo k de tipo t va del punto i al punto j

Y_i: Si el vehículo i fue seleccionado para la flota

Dominio: Binary

u_{ik}: Representa posiciones secuenciales de las localidades en la ruta de cada equipo para evitar subtours.

Dominio: Reales no negativos

Función Objetivo:

Nuestra función objetivo es minimizar los costos totales de las rutas realizadas por todos los vehículos.

$$\text{CostoTotal}(i) = G_i + D_i + M_i$$

Min(z):

$$z = \sum_{t \in T} \sum_{k \in K} \sum_{j \in L} \sum_{i \in L} (x_{ij}^{kt} * C D_t) + \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} \text{CostoTotal}(t) * y_k$$

Restricciones

1. Nodo Origen:

Todos los vehículos deben salir de uno de los dos puntos de distribución de la ciudad (Soacha o Centro Original). Pero no de ambos.

$$\sum_{j=0 | j \notin \text{Origen}}^L X_{1jkt} + X_{2jkt} = 1 \quad \forall k \in K, \forall t \in T$$

2. Cada localidad o punto (excepto el origen) debe ser asignada exactamente a un vehículo.

Ya que queremos cubrir todos los puntos de la ciudad de manera óptima. No tiene sentido que dos vehículos pasen por la misma localidad.

$$\sum_{t \in T} \sum_{k=0}^E \sum_{j=0 | j \neq 1}^L X_{ij}^{kt} = 1 \quad \forall i \in L | i \notin O$$

3. Cada vehículo debe entrar y salir de cada localidad o punto (que le es asignado) exactamente una vez.

Para garantizar el flujo correcto de los vehículos. Es necesario que toda localidad a la que se llegue sea también abandonada, para así seguir con el recorrido.

$$\sum_{j=0 | j \neq i}^L X_{ij}^{kt} = \sum_{j=0 | j \neq i}^L X_{ji}^{kt} \quad \forall k \in K, \forall t \in T, \forall i \in L | i \notin O$$

4. Restricción MTZ para prevenir subtours

Al querer tener rutas óptimas. No queremos desperdiciar recursos en posibles ciclos dentro de los recorridos. Ya que esto aumentaría el costo por distancia.

$$u_{ij} - u_{jk} + (n - 1) * x_{ij}^{kt} \leq n - 2$$

$$\forall k \in K, \forall t \in T, \forall i \in L | i \neq j \wedge i \notin O, \forall j \in L | j \notin O$$

5. Distancia Máxima

Garantizamos que cada vehículo no supere su distancia máxima según el tipo que sea.

$$\sum_{j \in L} \sum_{i \in L} (x_{ij}^{kt} * A_{ij}) \leq D_t \quad \forall k \in K, \forall t \in T$$

6. Nodo Final

Decidimos que cada vehículo tiene que volver al centro de distribución de dónde salió. Esto ya que no queremos que haya un desbalance diario de vehículos entre cada centro.

$$\sum_{i=0}^O \sum_{j=0 | j \notin \text{Origen}}^L X_{ij}^{kt} + X_{ji}^{kt} = 2 \quad \forall k \in K, \forall t \in T$$

7. Capacidad

$$\sum_{j \in L} \sum_{i \in L} x_{ij}^{kt} * D_j \leq C_t \quad \forall k \in K, \forall t \in T$$

Cada vehículo tiene una capacidad según su tipo. Entonces la demanda del nodo destino D_j no debe superar la capacidad del tipo de vehículo C_t

Justificaciones de las elecciones

Nuestra propuesta unificada se enfoca en minimizar los costos operativos a través de una combinación estratégica de dos soluciones clave: la construcción de un nuevo mega centro de distribución en Soacha y la adopción de vehículos eléctricos con paneles solares y drones de alto alcance. Esta fusión de propuestas nos permite abordar simultáneamente los problemas de capacidad logística y la necesidad urgente de reducir gastos en transporte y operaciones, asegurando que Seneca Libre siga siendo competitivo en un mercado desafiante.

El nuevo mega centro de distribución en Soacha, es crucial para aliviar la carga sobre el actual centro logístico, que está al límite de su capacidad operativa. Al duplicar la infraestructura de almacenamiento y procesamiento, podremos reducir significativamente las distancias de entrega, lo que se traduce en una disminución de los costos de transporte y tiempos de espera. Esta mayor eficiencia reducirá el uso innecesario de la flota, optimizando el consumo de combustible y el desgaste de los vehículos. Asimismo, la concentración de operaciones en dos centros bien posicionados mejora la planificación y reduce los costos asociados con la gestión dispersa que tendría un sistema con múltiples centros más pequeños.

En paralelo, la incorporación de vehículos eléctricos y drones responde directamente a la necesidad de reducir los costos operativos a largo plazo. Los vehículos eléctricos tienen costos por kilómetro significativamente menores que los vehículos de combustión interna, y su dependencia de energía solar minimiza los gastos recurrentes de combustible, un factor que actualmente representa una parte importante de los costos logísticos de la empresa. Además, los drones permiten entregar paquetes

pequeños de forma rápida y eficiente en áreas congestionadas, eliminando la necesidad de usar vehículos terrestres costosos para estas entregas. Esta combinación de tecnologías reduce los gastos tanto en combustible como en mantenimiento, lo que genera ahorros significativos y sostenibles.

Elegimos esta propuesta porque ofrece la mejor estrategia para minimizar costos operativos sin comprometer la eficiencia ni la capacidad de respuesta de Seneca Libre. Otras propuestas, como la de Fernando Alonso, que sugiere 12 centros de distribución dentro de Bogotá, presentan desventajas en términos de aumento de costos administrativos y de mantenimiento debido a la dispersión de recursos en múltiples ubicaciones. Aunque este enfoque podría reducir los tiempos de entrega en ciertas áreas, incrementaría la complejidad operativa y los costos generales, resultando en una solución menos viable desde el punto de vista financiero.

Por otro lado, la propuesta de Serena Torres de expandir el centro de distribución actual no aborda el crecimiento proyectado de la demanda a largo plazo, lo que significa que los costos asociados con la sobrecarga operativa continuarían aumentando. Nuestra propuesta, al combinar la expansión de infraestructura con la modernización de la flota mediante tecnologías más eficientes y sostenibles, garantiza una solución integral enfocada en la reducción de costos y la optimización de los recursos a largo plazo, lo que es esencial para la sostenibilidad y competitividad futura de Seneca Libre.