

Proyecto Final de las asignaturas Inteligencia Artificial y Simulación

Tema: Simulación de cadenas de suministro para optimizar picos de demanda

Integrantes:

- *Carla S. Pérez Varela*
- *Francisco V. Suárez Bellón*
- *Leismael Sosa Lázaro*
- *David Alba*

Descripción detallada del problema en la simulación de cadenas de suministro para optimizar picos de demanda

Las cadenas de suministro de productos alimenticios enfrentan el desafío de satisfacer una demanda variable que puede experimentar picos repentinos debido a eventos como conciertos, festivales, eventos deportivos o celebraciones especiales. Estos picos de demanda inesperados pueden generar escasez de productos, insatisfacción del cliente y pérdidas económicas para la empresa.

Problema a abordar:

En este proyecto, nos enfocamos en abordar el problema de la **optimización de la cadena de suministro para manejar picos de demanda inesperados en una empresa de alimentación**. Específicamente, buscamos modelar una cadena de suministro que comprende múltiples proveedores, centros de distribución, tiendas y clientes, con el objetivo de:

- **Minimizar la escasez de productos** durante los picos de demanda, garantizando que los clientes puedan adquirir los productos que desean.
- **Maximizar las ganancias** de la empresa durante el período de simulación, considerando los ingresos por ventas y los costos asociados a la producción, distribución y logística.
- **Minimizar la cantidad de clientes insatisfechos**, manteniendo una experiencia de compra positiva y preservando la reputación de la empresa.

Características del problema:

- **Demanda variable:** La demanda de productos experimenta picos repentinos e inesperados, lo que dificulta la planificación y el aprovisionamiento.
- **Incertidumbre:** La magnitud, la fecha y la ubicación de los eventos que generan picos de demanda no son totalmente predecibles.

- **Cadenas de suministro complejas:** Las cadenas de suministro de alimentos involucran múltiples actores, procesos y flujos de información que deben coordinarse de manera eficiente.
- **Restricciones de capacidad:** Existen limitaciones de almacenamiento, transporte y producción que deben considerarse al optimizar la cadena de suministro.

Objetivos de la simulación:

- **Modelar el comportamiento de la demanda** en función de eventos específicos y sus características (fecha, hora, ubicación, asistentes, perfil del cliente).
- **Capturar la interacción** entre la demanda, la oferta y los procesos de la cadena de suministro (producción, distribución, logística).
- **Evaluar diferentes estrategias** de aprovisionamiento, producción y distribución para optimizar la respuesta a los picos de demanda.
- **Identificar los cuellos de botella** y las áreas de mejora en la cadena de suministro para optimizar su capacidad de respuesta.
- **Desarrollar recomendaciones** para mejorar la gestión de la cadena de suministro y la satisfacción del cliente en escenarios de alta demanda.

Beneficios de la simulación:

- **Permite modelar sistemas complejos** con múltiples actores y relaciones interdependientes.
- **Facilita la experimentación** con diferentes escenarios y estrategias de gestión de la cadena de suministro.
- **Proporciona información valiosa** para la toma de decisiones y la mejora del rendimiento de la cadena de suministro.
- **Permite evaluar el impacto** de factores externos como la demanda, la disponibilidad de productos y las condiciones del mercado en el rendimiento de la cadena de suministro.
- **Contribuye a la comprensión** del comportamiento complejo de las cadenas de suministro en escenarios de alta demanda.

Cadena de Suministros: Un Ecosistema Empresarial Interconectado

En nuestra simulación tenemos 2 grandes tipos de empresas:

- La empresa matriz que es la que toma las decisiones de como armar una cadena de suministros para la creación de cada uno de los productos que ofrece.

- Las empresas que forman parte de una cadena de suministros.

El segundo gran grupo de empresas se compone de las siguientes:

- Empresas Proveedoras: Venden productos que son usados para confeccionar nuevos productos.

- Empresas Manufactureras: Ofrecen servicios de creación de nuevos productos a partir de que se les facilite cierta materia prima. Por ejemplo, un manufactor puede ofrecer el servicio de crear *Salsa de Tomate* pero para esto necesita cierta cantidad de tomate natural (con cierto nivel de calidad), azúcar, sal, etc.

- Empresas Distribuidoras: Estas son empresas que ofrecen un servicio de distribución. Cada una de estas empresas se encarga de transportar productos de un lugar a otro y cobran una tarifa por el envío. La tarifa depende de la cantidad de unidades a enviar, su peso total y la distancia del viaje.

- Empresas de Almacén: Estas empresas ofrecen servicio de almacenar productos en salas que tienen una temperatura fija y una capacidad máxima de almacenamiento. Cobran tarifa dependiendo de la cantidad de unidades de producto que se esta almacenando y de la sala en la que estén almacenados.

- Empresas Tienda: Estas empresas siempre pertenecen a una empresa matriz y su rol es vender productos a los clientes (consumidores).

Las empresas antes descritas deben estar presentes en un mapa para la correcta distribución de los productos por medio de los distribuidores.

Nosotros modelamos el mapa como un grafo que tiene 2 tipos de aristas, estas son, aristas que representan caminos simples entre empresas (con la distancia de ese camino) y aristas que no son caminos pero representan la distancia real (geográfica) entre 2 empresas. Debido a estos 2 tipos de aristas se puede decir que nuestro mapa en realidad está formado por 2 grafos independientes, un multigrafo donde cada arista representa un camino simple entre 2 empresas y un grafo simple que representa la distancia real entre las empresas (grafo completo).

El objetivo de modelar el grafo de los caminos entre empresas como un multigrafo donde las aristas son caminos simples entre empresas es debido a que en nuestra simulación es interesante el modelar que tan resistente es la cadena de suministros de una empresa matriz ante fallos que son ajenos a su control, como es la desaparición de caminos simples entre empresas involucradas en la confección de un producto, también permite darle feedback a la empresa con respecto a que tan rentable es cierto distribuidor ante estos cambios.

Navegando por la Cadena de Suministro: Un Viaje Eficiente con Algoritmos Inteligentes

Algoritmo de IA para la búsqueda de caminos en el mapa

A la hora de enviar un producto entre empresas los distribuidores deben siempre escoger el camino mas corto pues de esta forma pueden ofrecer precios más bajos por sus servicios. La implementación de esta búsqueda la realizamos con el algoritmo A^* que es un algoritmo de búsqueda informado, su base es el algoritmo **best-first search** con función de evaluación:

\$\$

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

\$\$

donde, $g(n)$ representa el costo del camino desde el nodo inicial (empresa que quiere enviar el producto) hasta el nodo n (que representa la empresa en la que se está actualmente) y $h(n)$ es la heurística que representa el **costo estimado** del camino más corto desde el nodo n hasta el nodo final (empresa a la que debe llegar el producto).

La heurística del A^* definida en la función $h(n)$ que usamos en nuestro problema, es la distancia geográfica que se tiene entre las empresas. Esta heurística es admisible pues nunca sobrestima el costo de alcanzar el objetivo, esto se debe a que nunca puede existir un camino que tenga distancia menor que la distancia geográfica (es la distancia de la línea recta que se traza en un mapa para ver que tan cerca se encuentran ciertas ubicaciones).

¿Por qué se escogió este algoritmo y no otro?

Nuestra elección del algoritmo de A^* por sobre otro algoritmo radica en la naturaleza del problema que tenemos que atacar que es la búsqueda del camino más corto en un multigrafo. En la literatura se tienen 2 grandes grupos de algoritmos que resuelven este problema eficientemente, estos son, los algoritmos no informados y los informados.

Los algoritmos no informados funcionan bien en problemas donde se tiene que buscar un camino en un mapa donde se está casi a ciegas, es decir, donde solamente se tiene conocimiento de a que otro punto el agente se puede mover. Este tipo de algoritmos sirve para nuestro problema pero no aprovecha todo lo que se tiene disponible, es decir, no aprovecha el conocimiento de a que distancia geográfica se encuentra el punto actual del punto destino, esta información puede ahorrar la visita a ciertos nodos y en este conjunto de algoritmos no se hace.

Los algoritmos informados por otro lado, si tienen en cuenta conocimiento del problema, no están tan ciegos como los no informados y esto les permite evitar la visita a ciertos nodos del grafo, de donde este conjunto de algoritmos es más efectivo en la búsqueda de soluciones donde se sabe algo del problema. La forma en la que codifican el conocimiento del problema es en una heurística.

Ahora, dentro de los algoritmos informados se ha demostrado que el algoritmo mas eficiente en cuanto a visitar menos nodos y por ende encontrar la solución mas rápido es el A^* y es por esto que elegimos este algoritmo sobre los demás.

Sinfonía de Eficiencia: Orquestando la Cadena de Suministro con Agentes BDI

En el corazón de la simulación de la cadena de suministro reside una orquesta de agentes inteligentes, cada uno con un rol específico para optimizar el flujo de productos. Esta orquesta, inspirada en la arquitectura de agentes encapsulada, utiliza agentes BDI (Beliefs, Desires, Intentions) para modelar el comportamiento de cada participante en la cadena de suministro.

El Encanto de la Encapsulación:

Cada agente de la simulación, como un virtuoso músico, posee un conjunto de conocimientos y habilidades propias, ocultos al resto del sistema. Esta encapsulación permite:

- **Modularidad:** Los agentes se convierten en bloques de construcción independientes, facilitando su diseño, implementación y mantenimiento.
- **Reutilización:** Los agentes pueden ser reutilizados en diferentes simulaciones o incluso en otros sistemas, promoviendo la eficiencia y reduciendo costos de desarrollo.
- **Comunicación Inter-Agente:** Los agentes interactúan a través de mensajes bien definidos, permitiendo una comunicación clara y efectiva entre ellos.

El Elenco de Agentes:

La orquesta de agentes en nuestra simulación de la cadena de suministro está compuesta por:

- **Agente de empresa manufacturera:**
 - **Objetivos:** Maximizar las ganancias, minimizar los costos, satisfacer la demanda de los clientes.
 - **Acciones:** Producir productos, comprar materias primas, enviar productos a centros de distribución.
 - **Decisiones:** Cantidad de productos a producir, proveedores a los que comprar, centros de distribución a los que enviar productos.
- **Agente de proveedor:**
 - **Objetivos:** Maximizar las ganancias, minimizar los costos, satisfacer la demanda de las empresas.
 - **Acciones:** Producir materias primas, vender materias primas a las empresas.

- **Decisiones:** Cantidad de materias primas a producir, precio de venta de las materias primas.
- **Agente de centro de distribución:**
 - **Objetivos:** Minimizar los costos de almacenamiento y transporte, satisfacer la demanda de las tiendas.
 - **Acciones:** enviar productos a las tiendas.
 - **Decisiones:** Cantidad de productos a almacenar, tiendas a las que enviar productos.
- **Agente de cliente:**
 - **Objetivos:** Minimizar los costos, satisfacer la demanda de los consumidores.
 - **Acciones:** Comprar productos a las tiendas.
 - **Decisiones:** Cantidad de productos a comprar, tiendas a las que comprar productos.
- **Agente de tienda:**
 - **Objetivos:** Maximizar las ganancias, minimizar los costos, satisfacer la demanda de los clientes.
 - **Acciones:** Vender productos a los clientes, comprar productos a los centros de distribución.
 - **Decisiones:** Cantidad de productos a comprar, precio de venta de los productos.
- **Agente de Almacén**
 - **Objetivos:** Satisfacer la demanda de las tiendas, maximizar la eficiencia de la distribución
 - **Acciones:** Almacenamiento de productos, gestión de inventario.

Las Decisiones Guiadas por Creencias, Deseos e Intenciones:

Los agentes BDI, como mentes inteligentes, toman decisiones en función de sus creencias, deseos e intenciones. Las creencias se actualizan con información del entorno y mensajes de otros agentes. Los deseos representan objetivos que los agentes quieren alcanzar, mientras que las intenciones son planes para lograr esos deseos. Los agentes seleccionan acciones que les acerquen a sus intenciones.

Interacción entre agentes:

- Los agentes interactúan a través del intercambio de mensajes en el entorno simulado que se abordaran como una especie de deseos.
- Los mensajes pueden incluir información sobre el estado de la cadena de suministro, solicitudes de acciones y ofertas de productos o servicios.
- Los agentes toman decisiones de forma independiente en función de los mensajes que reciben y de sus objetivos y reglas predefinidas.

Entorno simulado:

- El entorno simulado proporciona información a los agentes sobre el estado de la cadena de suministro.
- Esta información incluye la disponibilidad de productos, los precios de los productos, la demanda de los clientes y el estado de los inventarios.
- Los agentes utilizan esta información para tomar decisiones sobre sus acciones.

3. Funcionamiento y toma de decisiones:

- Los agentes BDI toman decisiones en función de sus creencias, deseos e intenciones.
- Las creencias se actualizan con información del entorno y mensajes de otros agentes.
- Los deseos representan objetivos que los agentes quieren alcanzar.
- Las intenciones son planes para lograr los deseos.
- Los agentes seleccionan acciones que les acerquen a sus intenciones.

El Sistema Experto: Un Asesor Experto en la Toma de Decisiones:

- En la simulación de cadenas de suministro, el modelado del sistema de creencias de los agentes es crucial para capturar su comportamiento y toma de decisiones. Un enfoque eficaz para modelar estas creencias es utilizar un sistema experto (SE). Un SE es un sistema de inteligencia artificial que emula el conocimiento y la experiencia de un experto humano en un dominio específico. El SE proporciona a los agentes la información y el asesoramiento necesarios para tomar decisiones acertadas en un entorno dinámico y complejo.

Funcionamiento del Sistema de Creencias y Ventajas de un Sistema Experto

El Sistema de Creencias: Navegando por un Mundo de Información

En el corazón de un sistema experto reside un sofisticado sistema de creencias, similar a la red de conocimiento que un ser humano utiliza para comprender el mundo que lo rodea. Este sistema se compone de dos elementos esenciales:

1. Creencias: Los cimientos del conocimiento. Las creencias son proposiciones o hechos que el agente considera verdaderos sobre su entorno. Estas creencias pueden provenir de diversas fuentes, como información recibida del medio ambiente, interacciones con otros agentes o incluso conocimiento interno propio del sistema.

2. Reglas: La brújula para la acción. Las reglas actúan como guías lógicas que determinan las acciones que el agente debe tomar en base a sus creencias. Cada regla se compone de dos partes:

* **Condiciones (antecedentes):** Un conjunto de creencias que deben cumplirse para que la regla se active. Estas condiciones representan situaciones específicas en las que la regla es aplicable.

* **Acciones (consecuentes):** Las acciones que el agente debe llevar a cabo si se cumplen las condiciones. Estas acciones representan la respuesta del sistema ante las situaciones identificadas por las condiciones.

Un Sistema Experto: Razonamiento Inteligente para la Toma de Decisiones

La implementación de un sistema experto en este contexto ofrece diversas ventajas:

1. Representación modular del conocimiento: Las creencias y reglas se organizan de manera modular, facilitando su comprensión, análisis y modificación. Esta modularidad permite una mejor gestión del conocimiento, ya que las diferentes partes del sistema se encuentran claramente definidas y separadas.

2. Razonamiento flexible y adaptable: El sistema experto posee la capacidad de realizar un razonamiento flexible, permitiéndole inferir nuevas creencias y determinar las acciones adecuadas en función de las condiciones actuales. Esta flexibilidad se basa en la capacidad del sistema para procesar y evaluar nueva información, adaptando su comportamiento en consecuencia.

3. Adaptación al entorno cambiante: Un sistema experto bien diseñado puede adaptarse a cambios en el entorno actualizando sus creencias y reglas. Esta capacidad de adaptación es crucial para mantener la efectividad del sistema en un mundo dinámico y en constante evolución.

¿Por qué un Sistema Experto es la mejor opción?

La elección de un sistema experto como la mejor forma de representación del conocimiento en este caso se basa en las siguientes razones:

- **Eficacia en la gestión del conocimiento:** La estructura modular del sistema experto facilita la organización, el almacenamiento y la recuperación del conocimiento, lo que resulta esencial para un sistema que debe procesar y razonar sobre grandes cantidades de información.
- **Capacidad de razonamiento complejo:** El sistema experto permite realizar un razonamiento flexible y adaptable, lo que le habilita para inferir nuevas creencias, evaluar situaciones y tomar decisiones acertadas en base a las condiciones actuales.
- **Robustez y confiabilidad:** Un sistema experto bien diseñado puede ser robusto y confiable, capaz de funcionar de manera efectiva incluso en entornos dinámicos y cambiantes.

Implementación con capas horizontales:

- la arquitectura de capas horizontales para distribuir el procesamiento entre los agentes.
- Cada agente encapsulado se ejecuta en su propia capa horizontal.

- Los caps horizontales se comunican entre sí mediante mensajes.
- Esta arquitectura permite escalar la simulación a un mayor número de agentes.

Ventajas de la Orquesta Encapsulada: Armonizando la Cadena de Suministro

La arquitectura de agentes encapsulada no solo permite una simulación eficiente de la cadena de suministro, sino que también ofrece diversas ventajas:

1. Modularidad: Sintonizando Cada Instrumento:

Al igual que los músicos en una orquesta afinan sus instrumentos de forma independiente, la modularidad permite desarrollar y probar cada agente de manera individual. Esto facilita la implementación y el mantenimiento de la simulación, ya que los cambios en un agente no afectan al resto del sistema.

2. Flexibilidad: Adaptando la Melodía a Cada Escenario:

La flexibilidad de la arquitectura permite modificar fácilmente el comportamiento de los agentes y las reglas de interacción. Esto es crucial para adaptar la simulación a diferentes escenarios y casos de estudio, reflejando la complejidad y diversidad del mundo real.

3. Realismo: Imitando la Orquesta de la Industria:

La naturaleza descentralizada de las cadenas de suministro se refleja de manera más realista en la arquitectura encapsulada. Los agentes, como instrumentos autónomos, interactúan y colaboran para lograr un objetivo común, al igual que los músicos en una orquesta trabajan juntos para crear una sinfonía.

5. Implementación con Caps Horizontales: Amplificando la Orquesta:

Para distribuir el procesamiento entre los agentes y escalar la simulación a un mayor número de participantes, se utiliza la arquitectura de caps horizontales. Cada agente encapsulado se ejecuta en su propio cap horizontal, como un músico tocando su instrumento en un escenario independiente. Los caps horizontales se comunican entre sí mediante mensajes, permitiendo una colaboración fluida y eficiente.

En resumen, la arquitectura de agentes encapsulada con caps horizontales proporciona un marco robusto y flexible para la simulación de cadenas de suministro. Esta arquitectura, como una orquesta bien dirigida, permite modelar sistemas

complejos de manera eficiente, facilitando el análisis y la toma de decisiones estratégicas para optimizar la eficiencia y rentabilidad de la cadena de suministro.

Navegando por la Complejidad de la Cadena de Suministro: Un Enfoque de Simulación Basado en Agentes

En el corazón de la toma de decisiones estratégicas para una empresa matriz se encuentra la comprensión profunda de su cadena de suministro. La simulación basada en agentes, como una herramienta poderosa, nos permite modelar este ecosistema complejo y dinámico para obtener información valiosa que guíe el camino hacia el éxito.

Simulando el Mundo Real:

En cada ejecución de la simulación, recreamos un escenario realista con elementos fijos que representan aspectos clave del entorno:

- **Comportamiento del Cliente:** Probabilidad y densidad de personas en las tiendas, con sus patrones de comportamiento específicos.
- **Empresas Proveedoras:** Empresas no matrices con sus comportamientos y características individuales.
- **Competidores:** Empresas matrices rivales y sus estrategias de mercado.

Optimizando la Estrategia de la Empresa Matriz:

El objetivo principal de la simulación es identificar el conjunto óptimo de hiperparámetros para la empresa matriz, aquellos que le permitan maximizar sus ingresos y minimizar la insatisfacción del cliente. Estos hiperparámetros incluyen:

- **Abastecimiento de Tiendas:** Decisiones sobre qué tiendas abastecer, en qué momento y en qué cantidad.
- **Negociación con Proveedores:** Estrategias para negociar precios y condiciones con las empresas proveedoras.

Convergencia a la Solución Óptima:

Para alcanzar la solución óptima, la simulación se ejecuta iterativamente, ajustando los hiperparámetros de la empresa matriz en cada paso. Se considera que se ha alcanzado la solución óptima cuando la varianza de los dos indicadores clave (ingresos e insatisfacción del cliente) se encuentra por debajo de un umbral definido (por defecto, 0.7) durante 100 iteraciones consecutivas. Esto garantiza que no estamos en un mínimo local y que la solución identificada es robusta.

Respuestas Reveladoras para la Toma de Decisiones:

La simulación proporciona respuestas en lenguaje natural que ofrecen información crucial para la toma de decisiones estratégicas:

- **Priorización de Proveedores:** Identificación de las empresas proveedoras con las que se debe priorizar la colaboración y los rangos de tiempo óptimos para realizar compras.
- **Gestión de Riesgos:** Identificación de las empresas proveedoras con las que la colaboración puede presentar mayores complicaciones.
- **Priorización de Tiendas:** Determinación de las tiendas que requerirán mayor atención debido a su mayor demanda potencial y los rangos de tiempo críticos.
- **Demanda de Productos:** Pronóstico de la demanda de productos por tienda y en general, incluyendo los rangos de tiempo relevantes.
- **Estrategia de la Competencia:** Evaluación del escenario de mayor rendimiento para los competidores y los rangos de tiempo en los que se espera este desempeño.
- **Análisis de Incidentes:** Estimación de la cantidad promedio, mediana, máxima y mínima de incidentes esperados.
- **Precios Óptimos:** Determinación de los rangos de precios que la empresa matriz debe estar dispuesta a pagar por productos a cada proveedor y en qué rangos de tiempo.
- **Gestión de Inventario:** Identificación de los productos que deben estar en stock en los almacenes y en qué rangos de tiempo (t_1 , t_2).

Datos de Entrada Esenciales:

Para alimentar la simulación y obtener resultados precisos, se requiere información detallada sobre diversos aspectos del entorno:

- **Tiendas:** Capacidad de atención al cliente (número de cajas), flujo de personas en cada momento y productos iniciales con sus precios.
- **Empresas Proveedoras:** Nombre, balance estimado, productos que ofrecen, comportamientos (precios, lealtad, probabilidad de rechazo, satisfacción de pedidos, reabastecimiento) y balance inicial.
- **Mapa:** Representación visual de las conexiones entre las entidades del ecosistema.
- **Empresa Matriz:** Nombre, tiendas a abastecer, almacenes con productos iniciales y su tiempo en stock, balance inicial, valoraciones sobre las empresas proveedoras, precios máximos y mínimos a pagar por producto, rango de cantidad de productos a comprar y abastecer en almacenes y tiendas, y rangos de tiempo para cada acción.

Un Entorno de Simulación Flexible:

La simulación está diseñada para adaptarse a una amplia gama de escenarios y casos de estudio. La flexibilidad se logra mediante la modularidad de los componentes y la posibilidad de modificar los parámetros de entrada para reflejar las características específicas de cada situación.

LLM resultados:

Informe sobre el Concierto de Mind en McDonald's

Este informe detalla los valores óptimos para enfrentar un evento como el concierto de Mind en los restaurantes McDonald's, tomando en cuenta el aumento en el promedio de consumidores por segundo, el tiempo de distribución, el balance de ganancia ideal, la cantidad de personas no satisfechas, la afluencia de personas en las tiendas, las compras realizadas en Asia, la compra de suministros y los precios recomendados de compra.

Análisis de la Situación

- El promedio de consumidores por segundo aumentó de 0.2 a 0.6 durante el concierto, lo que generó un aumento significativo en la demanda.
- El tiempo de distribución promedio por tienda es de 36 horas, lo que es un factor importante a considerar al planificar la logística.
- El balance de ganancia ideal durante el concierto fue de \$3,600,816 con 18 centavos de dólar.
- Hubo 40 personas no satisfechas con Big Max y 12 con nuggets de pollo en las tiendas de Palo Alto y Hacker Way, las cuales tuvieron el 30% de los afectados.
- Las tiendas con mayor aglomeración fueron las de Santa Mónica, con un 70% más de afluencia de personas durante el evento.

Recomendaciones:

- Realizar compras a empresas como America Company Burgers & CO, Pam & CO por un monto de \$867,964 con 33 centavos de dólar.
- Enfocarse en la compra de hamburguesas y nuggets de pollo.

Compra de Suministros:

- Comprar pedazos de pollo con materia prima.
- Llamar al abastecedor Chicken Nuggets Ultra Company para que pueda laborar el 35% de la demanda.
- Recomendar a los proveedores un precio de compra de: * \$3 por cada hamburguesa. * \$1.28 por cada unidad de pedazos de pollo. * \$2.71 por cada unidad de nuggets de pollo.

Logística:

- Hacer uso de las Bodegas de almacenamiento Benson.
- Establecer un trato más amistoso con Benson, dado que se tenía un ranking bajo.

Consideraciones adicionales:

- Tener cuidado con Fast Delivery y Amazon Delivery.

- Aumentar la cooperación con DHL Future Delivery.

Conclusión

Los datos obtenidos a partir de 800 simulaciones distintas han permitido identificar los valores óptimos para enfrentar un evento como el concierto de Mind en los restaurantes McDonald's. La implementación de las recomendaciones presentadas en este informe permitirá maximizar las ganancias y minimizar la cantidad de clientes no satisfechos durante el evento.

Cabe destacar que la información detallada en las hojas XLSX será crucial para complementar este análisis y tomar decisiones más precisas.