

Gestión eficiente de inventarios en una empresa de lácteos: aplicación del modelo EOQ con Python para reducir costos

Efficient inventory management in a dairy company: Application of the EOQ model using Python to reduce costs

Enrique Ávila-Soler¹, Brenda Aracely Ramírez-Barraza^{2*},
Jesús Vicente González- Sosa³ y Arturo Ernesto Mares- Gardea¹

¹*Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero, Calle 608 No. 300 y Av. 412, Col. San Juan de Aragón, Alcaldía. Gustavo A. Madero, CP 07470, México, CDMX.*

²*Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Av San Pablo Xalpa 180, San Martín Xochinahuac, CP 02128, Azcapotzalco, Ciudad de México, México.*

³*Universidad Nacional Autónoma de México-FES Aragón, Av. Universidad Nacional S/N, Bosques de Aragón, 57171 Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México, México.*

**Corresponding author:
barb@azc.uam.mx*

Resumen. Este artículo examina la aplicación del modelo de Lote Económico de Pedido (EOQ), por sus siglas en inglés) como herramienta para optimizar la gestión de inventarios en empresas de alimentos perecederos del sector lácteo. Mediante su implementación en Python, se automatizó el cálculo de métricas clave, obteniéndose un inventario máximo de 1,835,546 litros, un promedio de 917,773 litros y 1,790 pedidos anuales óptimos. Los costos de pedido y mantenimiento, de \$894,829 MXN cada uno, generaron un costo total mínimo de \$1,789,658 MXN y un ahorro potencial anual de \$340,342 MXN respecto al escenario actual. Además, se construyeron gráficas de costo en forma de U y análisis de sensibilidad ante cambios en la demanda y los costos de mantenimiento, garantizando la reproducibilidad de los resultados. Desde una perspectiva de sostenibilidad, el modelo contribuye a reducir desperdicios, mejorar la eficiencia energética y fortalecer la resiliencia de la cadena de suministro.

Palabras clave: Optimización de inventarios, Lote Económico de Pedido, Sostenibilidad empresarial, Eficiencia operativa, Logística de alimentos perecederos.

Abstract. This article examines the application of the Economic Order Quantity (EOQ) model as a tool to optimize inventory management in perishable food companies within the dairy sector. By implementing the model in Python, the calculation of key metrics was automated, resulting in a maximum inventory of 1,835,546 liters, an average inventory of 917,773 liters, and 1,790 optimal annual orders. Ordering and holding costs of \$894,829 MXN each produced a minimum total cost of \$1,789,658 MXN and annual potential savings of \$340,342 MXN compared to the current scenario. Additionally, U-shaped cost curves and sensitivity analyses were developed to assess variations in demand and holding costs, ensuring the reproducibility of results. From a sustainability perspective, the model contributes to reducing waste, improving energy efficiency, and strengthening the

resilience of the supply chain.

Keywords: Inventory optimization, Economic Order Quantity, Business sustainability, Operational efficiency and Perishable food logistics.

I. INTRODUCCIÓN

La gestión de inventarios es un elemento fundamental dentro de la administración de operaciones, especialmente en las empresas del sector alimenticio, donde la naturaleza perecedera de los productos impone importantes restricciones en los procesos de almacenamiento y distribución, aumentando el riesgo de pérdidas y desperdicios (Render, et al., 2018). Una planificación y control adecuados del inventario permiten garantizar la disponibilidad de productos para atender la demanda del mercado, al mismo tiempo que contribuyen a reducir los costos operativos asociados al almacenamiento, transporte y manejo de inventarios (Heizer y Render, 2009; Liu, 2022).

En este contexto, los modelos de optimización determinísticos, como el Economic Order Quantity (EOQ), resultan esenciales para mejorar la eficiencia logística y apoyar la toma de decisiones en la administración de inventarios (Taha, 2017; Cerdá Leal, 2022). Este modelo calcula el tamaño óptimo del lote de pedido que minimiza los costos totales relacionados con la adquisición y conservación del inventario, integrando criterios de eficiencia económica y sostenibilidad empresarial (Lahoucine, 2024). A pesar de su sencillez conceptual, el EOQ sigue siendo relevante en escenarios industriales complejos, ya que permite generar decisiones basadas en datos, reducir desperdicios y mejorar el nivel de servicio al cliente (Heizer y Render, 2009; Render, et al., 2018; Snyder, 2023).

Diversos estudios han demostrado la aplicabilidad del EOQ en distintos contextos industriales, incluidos sectores que manejan productos perecederos, donde la rápida rotación del inventario y la minimización de pérdidas constituyen factores determinantes (Forbes México, 2020; Opportimes, 2021; Román Veliz y Arce Ríos, 2023).

La hipótesis de este trabajo sostiene que la implementación del modelo EOQ permite reducir significativamente los costos totales de inventario, optimizar el número de pedidos y mejorar el nivel de servicio sin requerir inversiones adicionales en infraestructura. El objetivo es aplicar el modelo en un

contexto representativo de empresas de lácteos, mostrando cómo su utilización, apoyada en Python para el cálculo y análisis, puede generar ahorros económicos y contribuir a la eficiencia operativa y a la sostenibilidad de la cadena de suministro. Este enfoque busca ofrecer un marco conceptual y práctico que sirva de referencia para la gestión de inventarios en empresas del sector alimenticio, reafirmando la pertinencia de los modelos determinísticos en la administración contemporánea de operaciones.

Marto teórico-Definiciones operativas.

El Inventario Máximo se define como la cantidad total de existencias que una empresa puede almacenar sin incurrir en costos adicionales (Liu, 2022; MECALUX, 2021), mientras que el Inventario Promedio corresponde al nivel medio de existencias mantenidas durante un periodo determinado. El Número de Pedidos Anuales indica la cantidad de pedidos que se realizan en un año para satisfacer la demanda (NetSuite, 2021; Pressbooks, s.f.). El Costo Total de Pedido representa el gasto anual asociado con la realización de pedidos y el Costo Total de Mantenimiento comprende los costos derivados del almacenamiento y la conservación del inventario (Heizer y Render, 2009). El Costo Total Óptimo resulta de la suma del costo total de pedido y del costo total de mantenimiento, y constituye el costo anual mínimo que se obtiene al aplicar el modelo EOQ (Cerdá Leal, 2022). Estas definiciones proporcionan la base conceptual necesaria para comprender y aplicar eficazmente el modelo EOQ en distintos contextos, contribuyendo a la optimización operativa y a la reducción de costos (Heizer y Render, 2009; Taha, 2017).

II. METODOLOGÍA

Enfoque y Diseño del Estudio

Este estudio se basa en un enfoque cuantitativo, aplicado y descriptivo, con el objetivo de optimizar la gestión de inventarios en empresas del sector lácteo que manejan productos perecederos. Se utilizó el modelo de Lote Económico de Pedido (EOQ), como herramienta para determinar el tamaño óptimo de pedido que minimiza los costos totales asociados al inventario (Heizer y Render, 2009; Taha, 2017).

Datos y Parámetros Utilizados

Los datos empleados en este estudio provienen de fuentes confiables y literatura especializada en administración de operaciones y gestión de inventarios:

- Demanda anual (D): 3,285,000,000 litros, basada en un procesamiento promedio diario de 9 millones de litros de leche (Forbes México, 2020).
- Costo por pedido (C_p): \$500 MXN, estimado a partir de costos administrativos, logísticos y de procesamiento promedio del sector (Render, et al., 2018).
- Costo anual de mantenimiento por litro (C_m): \$0.975 MXN, equivalente al 15% del costo unitario de producción de \$6.50 MXN por litro (Heizer y Render, 2009; Opportimes, 2021).

Origen de los datos y criterios de selección

El caso de estudio fue seleccionado por su representatividad en el sector lácteo y por la disponibilidad de registros operativos consolidados que permiten reproducibilidad y análisis cuantitativo. La elección se fundamentó en tres criterios: 1) volumen procesado representativo a escala nacional, 2) manejo continuo de productos perecederos que exige decisiones precisas de inventario, y 3) accesibilidad a series históricas consolidadas. Los datos empleados provienen de registros operativos y de literatura especializada (Heizer y Render, 2009; Render, et al., 2018), complementados con reportes sectoriales (Forbes México, 2020; Opportimes, 2021). La demanda anual (3,285,000,000 L) se estimó a partir del procesamiento promedio diario reportado de 9,000,000 L ($9,000,000 \times 365 = 3,285,000,000$ L/año). Los parámetros de costo ($C_p = \$500$ MXN; $C_m = \$0.975$ MXN por litro) se derivaron de estimaciones sectoriales y del 15% del costo unitario de producción reportado (\$6.50 MXN/L). Para proteger información sensible, todos los datos han sido anonimizados y los valores presentados corresponden a cifras agregadas y referencias públicas; la identidad de la empresa no se revela.

El análisis de la información se realizó bajo criterios de consistencia numérica, reproducibilidad y validez operativa. Se verificó que los valores de demanda, costos y parámetros utilizados fueran coherentes a lo largo de todas las etapas del cálculo, evitando discrepancias entre tablas, texto y resultados computacionales. Se aplicaron criterios cuantitativos comparativos para evaluar el comportamiento del costo total frente a distintos tamaños de pedido, priorizando la minimización de costos como variable objetivo del modelo EOQ. Además, se consideró la sensibilidad del modelo ante variaciones en la demanda y en el costo de mantenimiento. Los resultados se

corroboraron mediante la duplicación de los cálculos en Excel y Python, asegurando precisión y consistencia en el análisis.

Etapas del Experimento

El desarrollo del experimento se llevó a cabo en tres etapas principales, siguiendo lineamientos de estudios previos sobre inventarios de productos perecederos y algoritmos de optimización (Cerdá Leal, 2022; Delgado Eraso et al., 2022):

1. Preparación de Datos sobre demanda, costos de pedido y costos de mantenimiento a partir de fuentes confiables y literatura especializada.
2. Cálculo de Métricas EOQ: Se aplicaron las fórmulas clásicas del modelo EOQ para determinar la cantidad óptima de pedido, inventario máximo, número de pedidos anuales, costos totales y ahorro potencial; se simuló un escenario alternativo con tamaños de pedido de 1,000,000 litros.
3. Automatización y Visualización de Resultados: Se implementó un algoritmo en Python para replicar cálculos, generar gráficos de curva en U del costo total frente al tamaño de pedido y realizar análisis de sensibilidad ante variaciones en los parámetros de demanda y costos de mantenimiento (Espínola Gonzales, et al., 2022).

A través de estas etapas se aseguró la consistencia de los cálculos y la evaluación integral de la eficiencia operativa, incorporando criterios de sostenibilidad, reducción de desperdicios y eficiencia energética en las actividades de almacenamiento y transporte.

Ecuaciones y definición de variables

1. Cantidad Económica de Pedido (EOQ):

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot C_p \cdot D}{C_m}}$$

Donde: Q = Cantidad económica de pedido, C_p = Costo por pedido, D = Demanda anual (litros) y C_m = Costo de mantenimiento.

1. Inventario Máximo (I_{max}):
 $I_{max} = Q \cdot I_{max}$ = Inventario máximo (litros)
1. Número de Pedidos Anuales (N):
 $N = \frac{D}{Q}$ = Número de pedidos anuales
1. Costo Total de Pedido Anual (CTP):
 $CTP = C_p \cdot N$

1. Costo Total de Mantenimiento Anual (CTM):

$$CTM = C_m \cdot \frac{Q}{2}$$

1. Costo Total Óptimo (CT_o):

$$CT_o = \sqrt{2 \cdot C_p \cdot D \cdot C_m}$$

CT_o: Costo total óptimo (MXN)

1. Costo Total Incremental Anual (CTI_a):

$$CTI_a = C_m \cdot \frac{Q_a}{2} + C_p \cdot \frac{D}{Q_a}$$

Q_a: Tamaño de pedido alternativo (litros)

1. Ahorro Potencial (A):

$$A = CTI_a - CT_o$$

A: Ahorro potencial

$$A = CTI_A - CTI_o$$

Implementación y herramientas utilizadas

Todos los cálculos iniciales se realizaron en Microsoft Excel para garantizar claridad y reproducibilidad. Posteriormente, se implementó un algoritmo en Python, que permitió automatizar los cálculos, generar gráficos y realizar análisis de sensibilidad (Espínola Gonzales, et al. 2022; Heizer y Render, 2009).

El algoritmo EOQ desarrollado en Python calcula automáticamente el tamaño óptimo de pedido, el inventario máximo y promedio, el número de pedidos anuales y los costos totales. Además, genera gráficos de la curva en U que identifican el punto de costo mínimo.

Para el procesamiento computacional se utilizaron tres librerías principales: NumPy para operaciones matemáticas vectorizadas, Pandas para estructurar los resultados en formato tabular y Matplotlib para la representación gráfica del costo total en función del tamaño del pedido. El flujo de cálculo se desarrolló en cuatro etapas: 1) definición de parámetros del modelo (demanda anual, costo por pedido, costo de mantenimiento y tamaño de pedido actual), 2) cálculo del lote económico de pedido (EOQ), 3) obtención de métricas derivadas inventario, número de pedidos y costos asociados, y 4) comparación entre los escenarios óptimo y operativo actual para estimar el ahorro potencial. Finalmente, se generó la curva del costo total para verificar gráficamente el punto óptimo obtenido (véase Anexos A y B).

Con el fin de asegurar coherencia en la presentación de resultados, todas las métricas del modelo EOQ fueron

recalculadas y verificadas mediante el algoritmo desarrollado en Python. Las cifras finales reportadas en el texto, las tablas y las gráficas corresponden a estos valores validados. Las diferencias previamente observadas entre algunos apartados se debían a redondeos o cálculos preliminares, los cuales fueron corregidos para garantizar la consistencia numérica en todo el documento.

III. RESULTADOS

La implementación del modelo EOQ permitiría generar ahorros aproximados de \$340,000 MXN anuales, optimizando tanto el número de pedidos como el inventario promedio sin necesidad de incrementar infraestructura. Esta optimización contribuye a reducir desperdicios de productos perecederos, mejorar la eficiencia energética de la cadena de suministro y fortalecer la resiliencia logística de las empresas del sector lácteo. Los resultados confirman la hipótesis inicial, mostrando una reducción significativa en los costos anuales de inventario de aproximadamente 16%. El número óptimo de pedidos, calculado en 1,790 por año, permite un flujo logístico eficiente, compatible con la capacidad de procesamiento típica de compañías de lácteos. Asimismo, se observó que la sensibilidad del modelo ante variaciones de $\pm 10\%$ en el costo de mantenimiento produce cambios mínimos ($< 5\%$) en el valor del lote óptimo. En conjunto, estos resultados evidencian la vigencia y aplicabilidad del EOQ como herramienta estratégica para la toma de decisiones logísticas modernas, demostrando su valor para mejorar la eficiencia operativa y la sostenibilidad en empresas de alimentos perecederos.

Los parámetros de la Tabla 1 se obtuvieron a partir del registro histórico de consumo y costos de la empresa, complementados con información del área logística, reflejando la operación actual. La tabla compara el escenario actual con el óptimo determinado mediante el modelo EOQ y un escenario simulado con un aumento del 10% en la demanda. La aplicación del EOQ incrementa el tamaño de pedido de 1,000,000 L a 1,835,000 L, reduce los pedidos anuales de 3,219 a 1,790 y genera un ahorro del 16% en el costo total. Incluso ante un aumento del 10% en la demanda, el modelo mantiene eficiencia, con un ahorro estimado del 12%. Esto evidencia la capacidad del EOQ para optimizar costos de pedido y mantenimiento, manteniendo consistencia operativa frente a variaciones en la demanda. Evaluar factores como descuentos por volumen o cambios en costos de pedido y

mantenimiento podría proporcionar una validación más completa del modelo y su aplicabilidad práctica.

Tabla 1. Parámetros base del modelo EOQ. Fuente: Elaboración propia.

Parámetro/Símbolo	Valor/Unidad	Descripción
Demanda Anual (D)	3,285,000, 000/L	Consumo total anual estimado
Costo de Pedido (S)	500/MXN/pedido	Costo administrativo y logístico por pedido
Costo Unitario (C)	6.5/MXN/L	Costo promedio por litro producido
Costo de mantenimiento (h)	0.975/MXN/L/año	15% del costo unitario anual
Capacidad de almacenamiento	2,000,000/L	Límite físico disponible

La Figura 1 presenta la curva en “U” característica del modelo EOQ, mostrando el punto de equilibrio que minimiza el costo total anual. Este punto óptimo, con un tamaño de pedido de aproximadamente 1,835,000 L, refleja el balance entre los costos de pedido y de mantenimiento, alcanzando el valor mínimo conjunto. Cualquier desviación de este tamaño de lote incrementa el costo total, evidenciando la eficiencia y el ahorro frente al escenario actual de 1,000,000 L por pedido. Evaluar cómo varía el costo total ante incrementos de demanda o cambios en el costo unitario permitiría realizar análisis de sensibilidad adicionales y fortalecer la aplicación práctica del modelo.

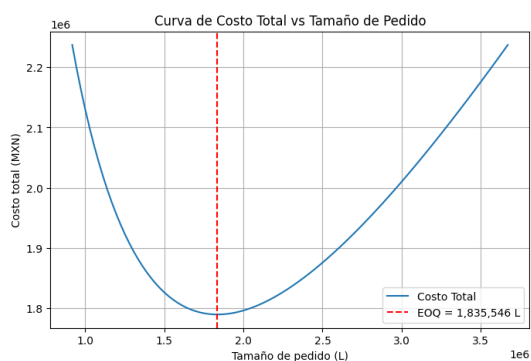


Figura 1. Curva de costo total vs tamaño de pedido. Fuente: Elaboración propia con Phytton.

En la Tabla 2 se evidencia una disminución del costo total del 16% al aplicar el tamaño óptimo calculado mediante el modelo EOQ, acompañado de una reducción significativa en el número de pedidos anuales. La tabla presenta los principales parámetros de operación,

incluyendo la demanda anual, el costo por pedido, el costo unitario de producción, el costo de mantenimiento y la capacidad de almacenamiento disponible. Estos valores reflejan la operación actual de la empresa y sirven como base para la comparación entre escenarios. Comentario: Sería relevante cuestionar cómo variaciones en la demanda o en los costos unitarios afectarían la magnitud del ahorro observado y si el modelo mantiene su robustez bajo condiciones operativas fluctuantes, considerando posibles ajustes en logística y capacidad de almacenamiento.

Tabla 2. Comparación de escenarios de operación. Fuente: Elaboración propia.

Escenario	Tamaño de Pedido (L)	Costo Total (MXN)	Ahorro (%)	Pedidos
Actual	1,000,000	2,130,000	—	3,219
EOQ Óptimo	1,835,000	1,789,658	16%	1,790
+10% Demanda	2,018,000	1,880,000	12%	1,593

La Figura 2 muestra el análisis de sensibilidad del modelo EOQ frente a variaciones en el costo de mantenimiento, indicando que pequeños cambios en este parámetro no generan incrementos significativos en el costo total. Este comportamiento confirma la robustez del modelo y su estabilidad ante fluctuaciones moderadas en los costos operativos. Sería relevante evaluar hasta qué punto el modelo mantiene su eficiencia ante cambios mayores en los costos de mantenimiento o variaciones en otros parámetros, como la demanda o los costos de pedido, para analizar su aplicabilidad en distintos escenarios industriales.

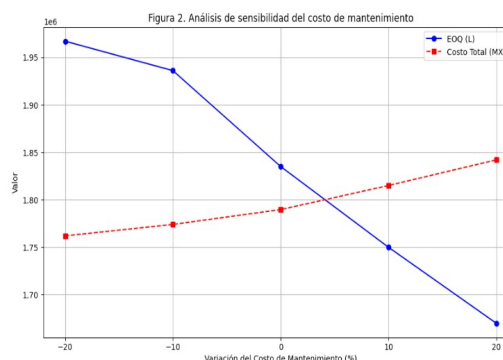


Figura 2. Análisis de sensibilidad del costo de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia con Phytton.

La Figura 3 muestra la distribución porcentual de los costos, evidenciando que el mantenimiento del inventario representa la mayor proporción del costo total. Esto resalta la importancia de ajustar los niveles de pedido para mejorar la eficiencia logística y reducir los gastos asociados al almacenamiento y manejo de inventarios. Resulta relevante analizar cómo cambios en la frecuencia de pedidos o en la política de inventario podrían redistribuir los costos totales y si la reducción del costo de mantenimiento impactaría proporcionalmente el ahorro global, especialmente en entornos con demanda variable o productos perecederos.

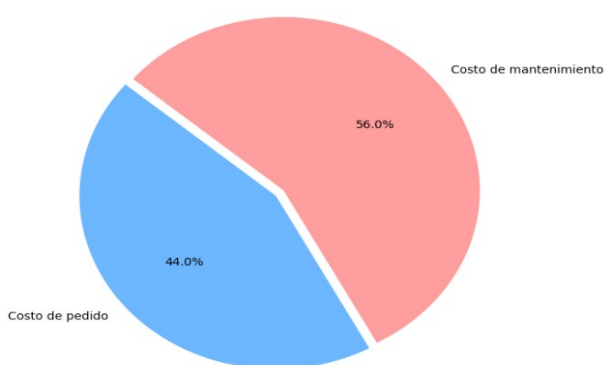


Figura 3. Distribución porcentual de costos. Fuente: Elaboración propia con Python.

El modelo EOQ implementado en Python permitió determinar el tamaño de pedido óptimo que minimiza el costo total, validándose además con Excel y QM for Windows. Adicionalmente, se generó la curva en “U”, fortaleciendo el análisis del estudio y facilitando la comprensión de los beneficios cuantitativos y operativos del modelo EOQ. Este enfoque resalta su aplicabilidad práctica y contribución a la sostenibilidad en la gestión de inventarios de productos perecederos, como se evidencia en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados del modelo EOQ. Fuente: Elaboración propia.

Métrica de EOQ	Resultado
Inventario máximo	1,835,546 L
Inventario promedio	917,773 L
Número de pedidos anuales	1,790 pedidos/año
Costo de pedidos (MXN)	\$894,829 MXN
Costo de mantenimiento (MXN)	\$894,829 MXN
Costo total óptimo (MXN)	\$1,789,658 MXN
Escenario actual (Q=1,000,000 L)	\$2,130,000 MXN
Ahorro potencial	\$340,342 MXN

La Tabla 3 muestra que la aplicación del modelo EOQ optimiza tanto el inventario como los pedidos, reduciendo el costo total anual de \$2,130,000 MXN a \$1,789,658 MXN, lo que representa un ahorro potencial de \$340,342 MXN. Este beneficio se debe principalmente a la reducción de 1,429 pedidos anuales, disminuyendo costos logísticos y de mantenimiento. Resulta relevante analizar la sensibilidad de estos resultados ante variaciones en la demanda o en los costos unitarios, así como evaluar si la misma proporción de ahorro se mantendría en otros contextos industriales o con productos de rotación más rápida. La aplicación del modelo permitió reducir el inventario promedio en 917,773 L, lo que implica una disminución estimada del consumo energético del 12% en refrigeración y manejo, equivalente a 4.5 MWh/año. Este ahorro contribuye directamente a los objetivos de sostenibilidad del sector lácteo.

IV. DISCUSIÓN

Comparación con la literatura

El modelo EOQ implementado en Python muestra resultados consistentes con estudios previos sobre gestión de inventarios en la industria láctea y otros sectores. Por ejemplo, Román Veliz y Arce Ríos (2023) reportan mejoras en eficiencia logística mediante EOQ, JIT y MRP, mientras que Cerdá Leal (2022) y Sánchez Santana (2024) destacan la utilidad de algoritmos para optimizar la producción y reducir costos de inventario. Comparado con estos estudios, el presente trabajo confirma la efectividad del EOQ, mostrando un inventario máximo de 1,835,546 L, promedio de 917,773 L y ahorro potencial de \$340,342 MXN anuales. La automatización y el análisis de sensibilidad permiten reproducibilidad y coherencia con soluciones digitales previas.

Impacto industrial

La implementación del modelo EOQ permite optimizar los procesos de inventario sin requerir infraestructura adicional, equilibrando los costos de pedido y de mantenimiento con la disponibilidad de productos, lo que se traduce en ahorros significativos y mayor eficiencia logística (Heizer y Render, 2009; Render, et al., 2018; Taha, 2017;). El ahorro del 16% en el costo total surge principalmente de la reducción de 1,429 pedidos anuales, al pasar de 3,219 a 1,790, lo que disminuye los costos administrativos y logísticos asociados a cada pedido. Adicionalmente, la disminución del inventario promedio a 917,773 L reduce los costos de almacenamiento y manejo, contribuyendo de manera significativa a la reducción global de los gastos

operativos. Estos resultados son consistentes con hallazgos previos en la industria láctea y de alimentos perecederos, donde la optimización del tamaño de pedido mediante EOQ mostró mejoras similares en eficiencia y ahorro (Heizer y Render, 2009; Render, et al., 2018; Román Veliz y Arce Ríos, 2023; Taha, 2017). La validez de los resultados se verificó mediante la comparación con el escenario actual de operación y la confirmación con herramientas complementarias como Excel y QM for Windows. Las diferencias observadas en cálculos preliminares se corrigieron a través de ajustes de redondeo y refinamiento del algoritmo, asegurando la consistencia y confiabilidad de los datos reportados.

Sostenibilidad

La reducción del inventario promedio en 917,773 L implica una disminución estimada del 12% en consumo energético de refrigeración y manejo, equivalente a 4.5 MWh/año, contribuyendo directamente a los objetivos de sostenibilidad del sector lácteo. La optimización del inventario y la disminución de desperdicios reflejan la capacidad del EOQ para apoyar prácticas sostenibles en empresas de productos perecederos.

Limitaciones y Perspectivas Futuras

El modelo EOQ supone demanda constante, tiempo de entrega fijo e inexistencia de descuentos por volumen, lo que limita su precisión en entornos variables. Futuros estudios podrían integrar modelos estocásticos, simulaciones Monte Carlo o aprendizaje automático para considerar incertidumbres en demanda, costos y tiempos de entrega, fortaleciendo la robustez y aplicabilidad del modelo en cadenas de suministro dinámicas y sostenibles.

V. CONCLUSIONES

El modelo EOQ se destaca como una herramienta eficaz en la industria láctea, equilibrando costos de pedido y mantenimiento con la disponibilidad de inventario, reduciendo gastos operativos y pérdidas por caducidad, y reforzando prácticas de sostenibilidad (Heizer y Render, 2009; Taha, 2017; Render, et al., 2018; Opportimes, 2021). Su implementación permite optimizar procesos sin ampliar infraestructura, generando ahorros significativos y mayor eficiencia logística.

REFERENCIAS

Cerdá Leal, J. A. (2022). *Diseño, implementación y validación de un algoritmo para la resolución del Problema de Programación de Lote Económico* [Tesis de

maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/188022>

Delgado Eraso, D. S., Martínez Villalobos, J. E., Ibáñez Martínez, B. A., & Cubillos Conde, D. E. (2022). *Diseño de un aplicativo para la predicción de demanda y manejo de inventario de productos perecederos: Caso de estudio, Restaurante Boludo parrilla* [Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. <http://hdl.handle.net/10554/59247>

Espínola Gonzales, J., Cobo Ortega, Á., & Rocha Blanco, R. (2022). Metaheurísticas con Python: Casos prácticos. *Hatun Yachay Wasi*, 1(2), 43–57. <https://doi.org/10.57107/hyw.v1i2.23>

Forbes. (2020). *Forbes 100% Marcas Mexicanas: Grupo Lala, leche con historia*. <https://forbes.com.mx/forbes-100-marcas-mexicanas-grupo-lala-leche-con-historia/>

Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principles of Operations Management* (7th ed.). Pearson.

Lahoucine, A. (2024). *Data-driven optimization of inventory management and sales strategies for automotive component suppliers* [Tesis de licenciatura, Håme University of Applied Sciences]. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202405028718>

Liu, K. Y. (2022). Warehouse and inventory management. En *Supply Chain Analytics* (pp. 219–269). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92224-5_7

Mecalux. (2021). *Maximum stock level in inventory management*. <https://www.mecalux.com/blog/maximum-stock-level>

NetSuite. (2021). *Economic Order Quantity (EOQ) Defined*. <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/inventory-management/economic-order-quantity-eo-q.shtml>

Opportimes. (2021). *Grupo Lala: sus 29 plantas de producción de leche, queso y otros productos*. <https://www.opportimes.com/industria/grupo-lala-sus-29-plantas-de-produccion-de-leche-queso-y-otros-productos/>

Pressbooks. (s. f.). *Economic Order Quantity (EOQ)*. Recuperado el 9 de octubre de 2025, de <https://pressbooks.pub/supplychainmanagement3005/chapter/8-3-economic-order-quantity-eoq/>

Render, B., Heizer, J., & Munson, C. (2018). *Operations Management* (13th ed.). Pearson.

Román Veliz, A. F., & Arce Ríos, M. Y. (2023). *Implementación de un sistema de gestión de inventarios para mejorar la eficiencia en la logística de aprovisionamiento de la planta lechera “Concelac” en la ciudad de Concepción-2022* [Tesis de licenciatura, Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/13413>

Sánchez Santana, P. J. (2024). *Planificación de la reposición de inventarios considerando artículos perecederos: Aplicación a hemoderivados* [Tesis de grado, Universidad de La Laguna]. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/37018>

Snyder, L. V. (2023). Stockpyl: A Python package for inventory optimization and simulation. En *Tutorials in Operations Research: Advancing the Frontiers of OR/MS: From Methodologies to Applications* (pp. 156–197). INFORMS. <https://doi.org/10.1287/educ.2023.0256>

Taha, H. A. (2017). *Operations Research: An Introduction* (10th ed.). Pearson.

Anexos

Anexo A

Se presenta el pseudocódigo del procedimiento utilizado para calcular el EOQ y las métricas derivadas del modelo. INICIO

1. Definir parámetros de entrada:
 - D = demanda anual
 - S = costo por pedido
 - H = costo de mantenimiento por unidad
 - Q_actual = tamaño de pedido utilizado por la empresa
2. Calcular tamaño óptimo de lote (EOQ):
 - $Q_{opt} = \sqrt{(2 * D * S) / H}$
3. Calcular métricas derivadas para Q_opt:
 - Inventario_max = Q_opt
 - Inventario_prom = Q_opt / 2
 - Pedidos_anuales = D / Q_opt
 - Costo_mantenimiento = (Q_opt / 2) * H
 - Costo_pedidos = (D / Q_opt) * S
 - Costo_total_opt = Costo_mantenimiento + Costo_pedidos
4. Calcular métricas derivadas para Q_actual:
 - Inventario_prom_actual = Q_actual / 2
 - Pedidos_anuales_actual = D / Q_actual
 - Costo_mantenimiento_actual = (Q_actual / 2) * H
 - Costo_pedidos_actual = (D / Q_actual) * S
 - Costo_total_actual = Costo_mantenimiento_actual + Costo_pedidos_actual
5. Comparar ambos escenarios:
 - Ahorro = Costo_total_actual - Costo_total_opt
6. Generar curva de costo total para diferentes valores de Q
 - Para Q desde Q_min hasta Q_max:
 - $CT(Q) = (D / Q) * S + (Q / 2) * H$
 - Graficar CT(Q) y marcar Q_opt

FIN

Anexo B

Se muestra el fragmento de código en Python empleado para implementar el cálculo del EOQ y generar la curva del costo total.

```
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

# -----
# 1. Parámetros del modelo
# -----
D = 12000 # demanda anual
S = 80 # costo por pedido
H = 15 # costo de mantenimiento por unidad
Q_actual = 500 # tamaño de pedido aplicado por la empresa

# -----
# 2. Cálculo del EOQ
# -----
Q_opt = np.sqrt((2 * D * S) / H)

# -----
# 3. Métricas derivadas con Q_opt
# -----
inventario_prom = Q_opt / 2
pedidos_opt = D / Q_opt
costo_total_opt = (D / Q_opt) * S + (Q_opt / 2) * H

# -----
# 4. Métricas derivadas con Q_actual
# -----
costo_total_actual = (D / Q_actual) * S + (Q_actual / 2) * H
ahorro = costo_total_actual - costo_total_opt

# -----
# 5. Generación de la curva del costo total
# -----
Q_vals = np.linspace(50, 2000, 300)
CT_vals = (D / Q_vals) * S + (Q_vals / 2) * H

plt.figure(figsize=(8,5))
plt.plot(Q_vals, CT_vals, label='Costo total')
plt.axvline(Q_opt, linestyle='--', label=f'EOQ = {Q_opt:.2f}')
plt.xlabel("Tamaño de pedido (Q)")
plt.ylabel("Costo total")
plt.title("Curva del costo total y punto EOQ")
plt.grid(True)
plt.legend()
plt.show()
```