

Proposal for Optimizing Supply Delivery Times to Reduce Lost Sales and Logistics Costs in a Technical Services Company

Abstract: The main objective of this project is to propose a logistics optimization model to improve supply delivery times in a Technical Services Company. The study addresses a critical issue related to delays in technical service response and product delivery, resulting in losses equivalent to 13% of the company's annual revenue. This is an applied, mixed-method, and descriptive research that employs tools such as surveys, process analysis, mathematical modeling using LINGO, and the Odoo ERP system. The project has an operational and geographic scope focused on the city of Trujillo, encompassing internal processes related to logistics, inventory, and customer service. The implementation is expected to reduce delays by 30%, generate annual savings of S/ 9,000, and improve operational efficiency by 15%. The impact will directly benefit operational staff, institutional clients, and the company's overall profitability.

Keywords: Logistics optimization, decision model, sensitivity analysis, linear programming.

Propuesta de Optimización de los tiempos de entrega de insumos para reducir ventas perdidas y costos logísticos en una Empresa de Servicios Técnicos

Resumen— El presente proyecto tiene como objetivo principal proponer un modelo de optimización logística para mejorar los tiempos de entrega de insumos en una Empresa de Servicios Técnicos. Se aborda una problemática crítica relacionada con demoras en la atención de servicios técnicos y entrega de productos, generando pérdidas equivalentes al 13% de su facturación anual. La investigación es aplicada, mixta y descriptiva, y utiliza herramientas como encuestas, análisis de procesos, modelamiento matemático en LINGO y el sistema Odoo ERP. El proyecto tiene un alcance operativo y geográfico centrado en Trujillo, abarcando procesos internos de logística, inventario y atención al cliente. Se espera una reducción del 30% en los retrasos, un ahorro económico de S/ 9,000 anuales y una mejora del 15% en la eficiencia operativa. El impacto beneficiará directamente al personal operativo, clientes institucionales y a la rentabilidad de la empresa.

Palabras clave-- Optimización logística, modelo de decisión, análisis de sensibilidad, programación lineal.

I. INTRODUCCIÓN

En un entorno empresarial cada vez más competitivo, la eficiencia logística es un factor crítico para la sostenibilidad operativa y financiera. Las demoras en la entrega de insumos no solo generan pérdidas económicas, sino que también deterioran la experiencia del cliente y afectan la reputación de las empresas. En el caso de la empresa en estudio, dedicada a la comercialización de equipos y servicios técnicos, presenta la problemática más crítica sobre las demoras de entrega de insumos, representando el 13% de su facturación anual en 2024, ocasionando pérdidas superiores a S/ 30,000 [1].

La logística moderna exige herramientas que permitan minimizar tiempos de entrega y optimizar los recursos disponibles. Estrategias como la digitalización de inventarios, el uso de sistemas digitales y la aplicación de modelos matemáticos, como la programación lineal, han demostrado ser eficaces en contextos operativos similares [2], [3]. En particular, el uso del software LINGO para modelamiento y el sistema Odoo para la integración logística permite abordar de manera estructurada los problemas críticos de distribución, asignación de pedidos y selección de proveedores [4].

A nivel nacional, el entorno económico ha mostrado señales de recuperación con ventas que superaron los S/ 49,000 millones. Esta tendencia refleja un entorno favorable para las empresas tecnológicas, impulsado por la creciente demanda de modernización y soporte técnico [5].

Sin embargo, existen factores de riesgo logístico como la volatilidad en los fletes marítimos y la dependencia de proveedores internacionales, que afectan directamente a las empresas que operan en ciudades intermedias como Trujillo.

En este escenario, implementar un sistema logístico con capacidad de reacción rápida se vuelve esencial para minimizar cuellos de botella, pérdidas económicas y deterioro en la imagen corporativa [6]. Según [7] señala que la eficiencia logística en almacenes depende del adecuado uso del espacio físico y la digitalización del inventario, lo que permitió a empresas mejorar su productividad en un 28%. Por su parte, [8] demuestra que factores como la puntualidad, la trazabilidad del pedido y el contacto con el cliente incrementan significativamente la satisfacción del usuario. Ambos estudios coinciden en que la optimización logística requiere tanto tecnología como gestión centrada en el cliente.

Además [9] y sus colegas identificaron que el seguimiento del estado del pedido y la competencia del personal logístico fueron claves para mejorar la satisfacción del cliente. Aplicar plataformas de trazabilidad en tiempo real sería una solución eficaz para empresas con problemas de visibilidad en su logística. Este estudio propone un modelo de optimización logística basado en programación lineal para mejorar los tiempos de entrega de insumos en una Empresa de Servicios Técnicos. La investigación tiene un enfoque aplicado y mixto, empleando herramientas de análisis de procesos, encuestas, modelamiento y evaluación financiera. Se espera lograr una reducción del 30% en retrasos, un ahorro anual de S/ 9,000 y una mejora en la eficiencia operativa del 15%.

II. ESTADO DEL ARTE

A. Modelos de programación lineal

La programación lineal es una técnica probada para optimizar decisiones en logística, ayudando a asignar recursos y minimizar costos bajo restricciones operativas [10]. Por ejemplo, según [11] subraya su relevancia en identificar recursos limitados y priorizar actividades para maximizar ingresos o reducir gastos.

B. Optimización logística

La optimización logística es una herramienta clave en la mejora de procesos operativos, ya que permite reducir los tiempos de respuesta y mejorar la asignación de recursos [12]. Según [13], la implementación de modelos matemáticos como la programación lineal contribuye significativamente a disminuir los costos logísticos y acortar los plazos de entrega. Esta estrategia permite a la empresa tomar decisiones fundamentadas y mejorar su capacidad de respuesta ante la demanda del mercado.

C. Modelos para la toma de decisiones

Son herramientas que permiten representar de manera estructurada situaciones complejas. estos modelos combinan el análisis lógico con datos disponibles, ayudando a minimizar riesgos e incertidumbre en contextos reales. Según [14], los modelos decisionales parten de una secuencia lógica: identificar un problema, establecer criterios, generar opciones, evaluar consecuencias y tomar una decisión.

D. Integración de ERP

De acuerdo al estudio [16] destaca que la integración de sistemas ERP con modelos de optimización permite alinear decisiones operativas con restricciones reales de inventario, demanda y logística, evitando ineficiencias derivadas de la desconexión entre datos y acciones. Aunque su estudio se enfoca en *pricing*, sus hallazgos son aplicables: la sinergia entre un ERP (como Odoo) y un modelo matemático (como LINGO) mejora la toma de decisiones, reduce costos y aumenta la agilidad operativa, especialmente en entornos con alta variabilidad.

III. OBJETIVOS

A. Objetivo General

Determinar en qué medida la optimización de los tiempos de entrega de insumos reducen las ventas perdidas y costos logísticos en una empresa de servicios técnicos.

B. Objetivos específicos

- Diagnósticar el proceso actual de entrega de insumos, identificando las causas de las ventas perdidas y evaluando los costos logísticos asociados en la empresa de servicios técnicos.
- Diseñar el modelo de optimización de los tiempos de entrega, en función de restricciones de ofertas, demandas y límites de asignación de recursos.
- Desarrollar propuestas de mejora basadas en el diagnóstico de la situación actual, con el objetivo de optimizar la eficiencia logística.
- Aplicar un análisis de sensibilidad a las propuestas planteadas, con el fin de evaluar su comportamiento ante posibles variaciones en las condiciones operativas.
- Evaluar la viabilidad económica de la propuesta de optimización, considerando su impacto en los costos y beneficios para la empresa.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación está basada en una metodología de tipo aplicada, descriptiva y con enfoque mixto. Se utilizaron técnicas cualitativas y cuantitativas para analizar los procesos logísticos de una empresa peruana dedicada a la prestación de servicios tecnológicos. La recopilación de datos se realizó mediante encuestas a clientes, revisión de documentos internos, análisis de procesos, y registros de costos logísticos. El estudio se

enfocó en identificar debilidades de la empresa como demoras, costos adicionales y si ello afectaba niveles de satisfacción de los clientes. El diagnóstico de procesos logísticos se realizó mediante herramientas como el diagrama de Ishikawa, la matriz AMEF, diagramas de flujo en Bizagi y matrices de priorización. A partir de ello, se procedió a evaluar los insumos mediante sus costos logísticos por proveedor y zona respectivos, identificando los puntos críticos que disminuyen la rentabilidad de la empresa. Las mejoras se estructuraron a través de un modelo de programación lineal mediante un software y la propuesta de un sistema ERP (Odoo) como solución integral que apoye en la optimización de inventarios, entregas y compras.

V. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Para la implementación de la propuesta, se aplicó la metodología de Gestión por Procesos de Negocio (Business Process Management – BPM), adaptada al contexto de servicios y centrada en los procesos de pedidos a proveedores y gestión de envíos. Esta metodología permitió alinear los procesos en función de los objetivos estratégicos de la empresa, integrando el uso de tecnologías de la información como eje de transformación y digitalización. La implementación se desarrolló en cinco etapas:

TABLA 1
ETAPAS DE LA METODOLOGÍA DE LA GESTIÓN DE PROCESOS DE NEGOCIOS

Nº	ETAPAS
Etapa 1	Diagnóstico e identificación de procesos críticos
	Identificación y descripción de los procesos actuales de pedidos a proveedores y gestión de envíos. Análisis de actores, tiempos, tareas y cuellos de botella. Modelamiento del proceso AS-IS en Bizagi. Aplicación de herramientas de diagnóstico: Diagrama de Ishikawa, Matriz AMEF y Matriz de Priorización.
Etapa 2	Propuesta de mejora mediante BPM y tecnología
	Diseño del proceso TO-BE incorporando mejoras tecnológicas. Diagramación en BPMN en Bizagi. Incorporación de funcionalidades digitales como parte del rediseño.
Etapa 3	Modelamiento y optimización matemática con LINGO
	Formulación de un modelo de programación lineal en LINGO para asignación de productos por proveedor. Inclusión de variables como costos, tiempos, capacidad logística y exclusividad de productos.
Etapa 4	Implementación y validación de la propuesta
	Simulación y aplicación del modelo con datos reales. Validación mediante análisis de sensibilidad. Ajustes al modelo con base en las condiciones operativas reales de la empresa.
Etapa 5	Evaluación de resultados e impacto
	Comparación de indicadores clave antes y después de la implementación. Evaluación de eficiencia operativa y sostenibilidad del modelo.

La facturación anual de la empresa muestra un crecimiento moderado, pasando de S/ 300,000 en 2023 a S/ 330,000 en

2024; sin embargo, este avance se ve afectado por las pérdidas generadas debido a las demoras en el servicio técnico y en la entrega de insumos. Las pérdidas económicas totales aumentaron de S/ 25,000 en 2023 a S/ 39,000 en 2024, reflejando un incremento del 56%. Además, las pérdidas representaron aproximadamente el 9% de la facturación anual en 2023 y el 13% en 2024, lo que evidencia que, aunque las ventas crecen, las ineficiencias operativas afectan cada vez más la rentabilidad esperada de la empresa. Esta situación confirma la necesidad urgente de optimizar los procesos logísticos y técnicos para evitar que las pérdidas económicas sigan en aumento y comprometan el crecimiento y estabilidad a futuro del negocio. En base a ello, se elaboró una matriz de priorización con el fin de identificar las principales dificultades que afectan el desempeño operativo, financiero y de servicio al cliente de la empresa.

TABLA 2
MATRIZ DE PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS

	CRITERIOS				
	Impacto Financiero	Costo	Productividad	Riesgo Operativo	Impacto Total
Demoras en atención del servicio técnico	5	4	5	4	46
Demoras en entrega de insumos	5	5	5	5	50
Alta competencia de precios	4	4	3	4	38
Limitada conciencia de mercado sobre gestión documental	3	5	5	3	40
Demoras en atención del servicio técnico	5	4	5	4	46
Demoras en entrega de insumos	5	5	5	5	50

El análisis de la problemática evidenciada en la tabla 2 presenta que las demoras en entregas de insumos es el factor más crítico para la empresa, alcanzando el puntaje máximo de 50 puntos. Esto refleja que afecta de manera severa el costo, la productividad, el impacto financiero y el riesgo operativo, comprometiendo directamente la eficiencia y la rentabilidad del negocio. Este resultado demuestra que la atención oportuna del servicio técnico depende en gran medida de la disponibilidad y llegada de los insumos necesarios para realizar las reparaciones.

A partir del problema priorizado, se determinaron las causas que están relacionadas directa e indirectamente

La Fig. 1 muestra cómo factores internos afectan la eficiencia logística y técnica, generando que el 38% de los pedidos se retrasen más de cinco días hábiles y reduciendo la

mediante una matriz AMEF y un diagrama de Ishikawa, los cuales permitieron identificar de manera estructurada los factores que originan fallas, evaluar su gravedad, frecuencia y capacidad de detección, con la finalidad de establecer acciones correctivas y efectivas para minimizar los riesgos operativos y mejorar la eficiencia de los procesos.

TABLA 3
MATRIZ AMEF DE LA EMPRESA

Problema	Severidad (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	NPR	Acciones por Tomar
Resistencia al cambio	8	6	6	288	Capacitaciones en transformación digital, liderazgo con el ejemplo e incentivos para el uso de sistemas.
Retrasos en la cadena de suministro	9	7	6	378	Contratos con cláusulas de cumplimiento, búsqueda de proveedores locales y mejor previsión de pedidos.
Aumento de costos logísticos	7	5	5	175	Negociar tarifas, planificar reposiciones con anticipación y controlar costos de envíos.
Insuficiencia de los recursos humanos	6	5	6	180	Capacitación interna, mejora de beneficios laborales y contratación anticipada.
Mala gestión de inventarios	7	4	5	140	Sistema digitalizado de inventarios, alertas automáticas y auditorías periódicas.
Proceso manuales ineficientes	8	6	7	336	Implementar CRM, ERP, integrar inventario y programación, y automatizar asignación de técnicos.

rentabilidad. Esto evidencia la necesidad de digitalización, capacitación, integración operativa e indicadores de gestión para mejorar productividad y competitividad.

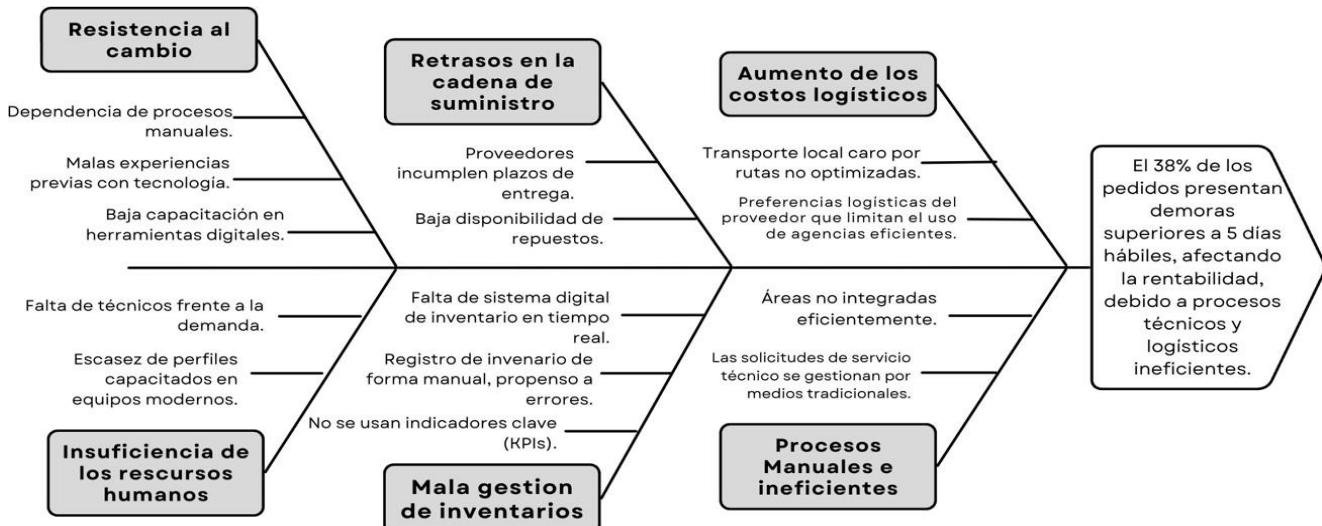


Fig. 1: Diagrama de Ishikawa con problemática cuantificada

La empresa se dedica a la atención de servicio técnico y distribución de insumos tecnológicos. No fabrica los productos que ofrece, sino que depende de proveedores nacionales, principalmente ubicados en Lima, cuyos tiempos de atención varían según su capacidad operativa, modalidad de envío y condiciones logísticas. Algunos de estos proveedores cuentan con insumos exclusivos, es decir, productos que solo ellos pueden suministrar por acuerdos de distribución o disponibilidad limitada, lo cual restringe las opciones de sustitución ante demoras o faltas de stock y obliga a mantener relaciones comerciales incluso en condiciones poco favorables.

Por otro lado, a partir de la información recopilada mediante registro de pedidos y entrevistas, se identificaron tres causas principales que influyen en la variabilidad de los tiempos de entrega. En primer lugar, la variabilidad de la demanda, que se manifiesta en semanas con pedidos muy superiores al promedio, lo que genera quiebres de stock y necesidad de compras urgentes. En segundo lugar, los retrasos de proveedores, que presentan diferencias de hasta varios días entre el tiempo comprometido y la entrega real, afectando la planificación de abastecimiento. Finalmente, las limitaciones de transporte, relacionadas con la disponibilidad de vehículos y condiciones externas como tráfico o capacidad restringida, reducen la eficiencia de la distribución de pedidos. Considerar estos factores es de suma importancia y resulta clave, ya que nos permite entender parte de las pérdidas por ventas no atendidas y los costos logísticos identificados.

La tabla 4 resume los principales factores externos que afectan tiempos de entrega, describiendo su impacto y la evidencia observada en la empresa.

stock y transporte. Para identificar las causas de los retrasos en el abastecimiento y atención técnica, es esencial diagramar los procesos actuales. A través de estos se pueden

TABLA 4
FACTORES EXTERNOS QUE AFECTAN LOS TIEMPO DE ENTREGA

Factor externo	Descripción	Justificación
Variabilidad en la demanda	Fluctuaciones semanales que dificultan la planificación del stock	Se planificaban 250 unidades semanales, pero la demanda superó a lo esperado, generando S/30 000 por ventas perdidas.
Retraso de proveedores	Diferencia entre tiempo establecido y tiempo real de entrega	Un proveedor presentó retrasos frecuentes (P1).
Limitaciones de transporte	Restricciones de capacidad que afectan la distribución oportuna	La capacidad máxima de 250 unidades limitaba la cobertura total de la demanda.

La falta de acuerdos con plazos garantizados y una gestión reactiva del abastecimiento ha generado sobrecostos logísticos por urgencias (S/ 9,000) y pérdidas de ventas (S/ 30,000) en el último año. Esto afecta la continuidad operativa y la percepción de confiabilidad de los clientes corporativos y del sector educativo, que conforman la principal cartera. Ante estas limitaciones, el modelamiento en LINGO permite representar la relación entre volúmenes solicitados, costos logísticos y tiempos de entrega. Restricciones como el stock, la capacidad de transporte (250 unidades diarias) y los costos variables por zona revelan que las decisiones manuales han derivado en asignaciones ineficientes. Actualmente, se gastan S/ 12,970 semanales en logística, superando el presupuesto, con un uso excesivo del proveedor P3, a pesar de alternativas más económicas subutilizadas (P1). Los retrasos afectan directamente la atención a clientes clave. En este contexto, el modelo de optimización ayuda a minimizar costos y mejorar la distribución, considerando las restricciones reales de demanda,

localizar con claridad los puntos críticos que afectan la eficiencia operativa.

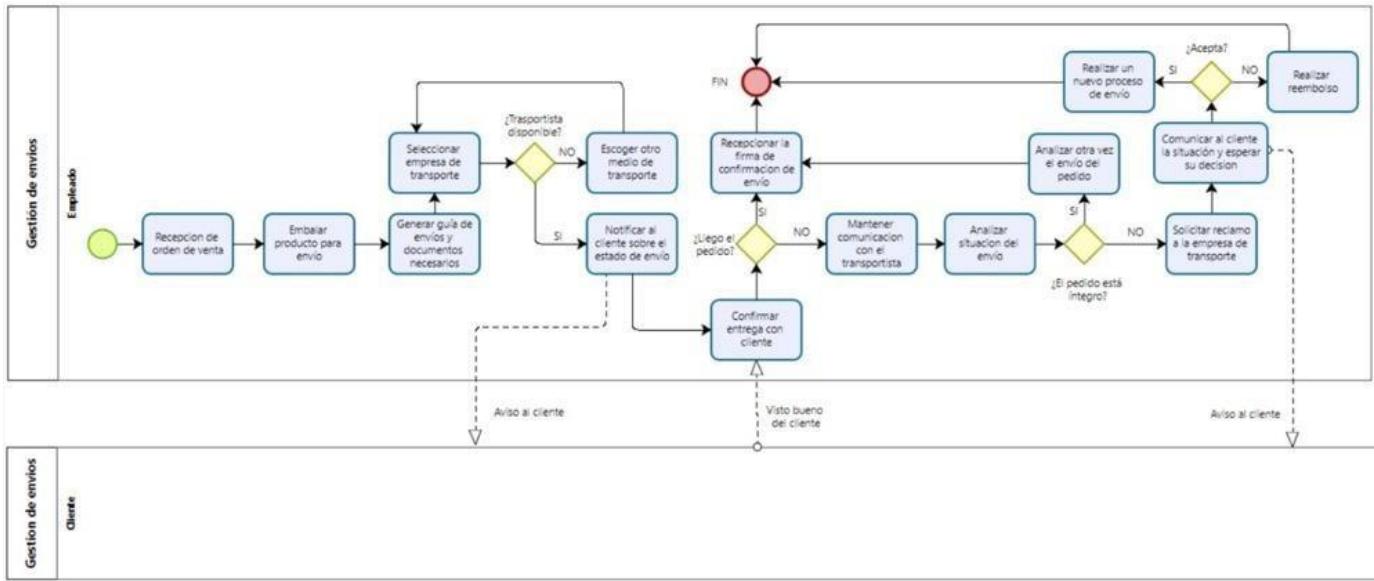


Fig. 2: Diagrama del proceso actual de gestión de envío.

La Fig.2 representa el proceso actual de la gestión de envíos a clientes, el cual presenta deficiencias derivadas de su alta dependencia de procedimientos manuales, como la asignación del transportista y la generación de documentos. Estas actividades ralentizan la operación y dificultan el control logístico. Uno de los principales puntos críticos es la falta de disponibilidad del transportista, lo que obliga a reprogramaciones manuales y afecta la puntualidad de las

entregas, generando pérdidas anuales estimadas de S/ 30,000. Asimismo, la evaluación del estado del envío se realiza de forma tardía, únicamente ante fallas, lo que incrementa los costos operativos y afecta la satisfacción del cliente, con una pérdida mensual estimada de cinco clientes. Estas fallas comprometen la rentabilidad, eficiencia del proceso y la percepción del servicio.

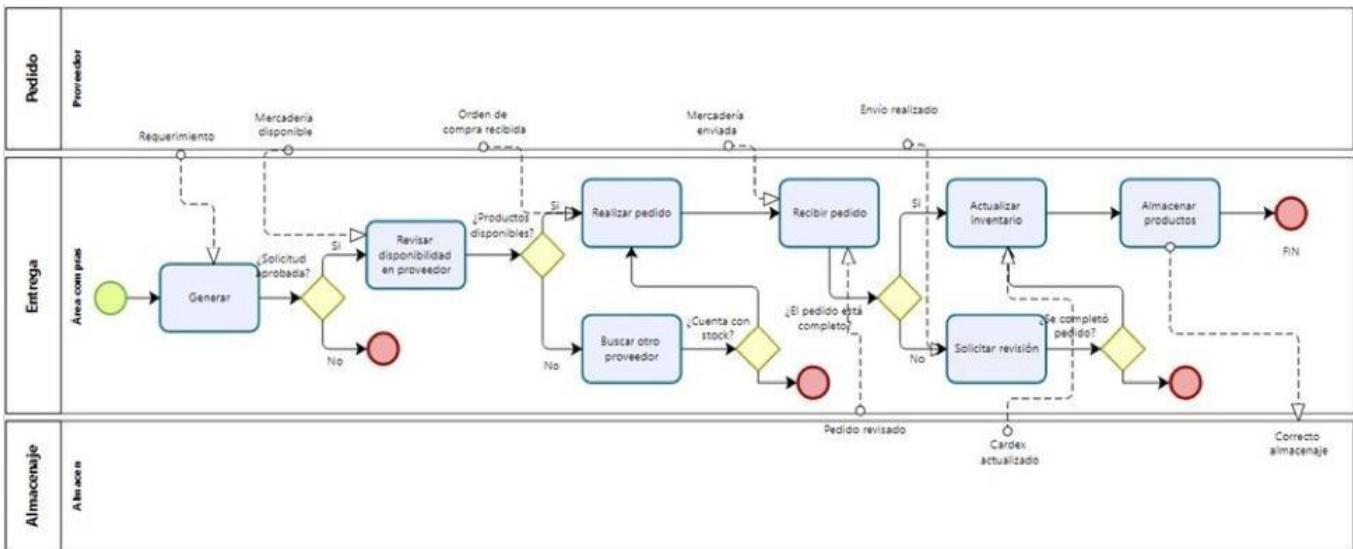


Fig. 3: Diagrama del proceso actual de pedidos a proveedores

La Fig. 3 muestra que el proceso actual de pedidos presenta deficiencias estructurales que afectan la continuidad del abastecimiento. La falta de disponibilidad en proveedores

obliga a realizar búsquedas manuales, generando demoras y pérdidas anuales de hasta S/ 30,000. Además, los errores en recepción de pedidos implican reprocesos, deterioro en la

relación con proveedores y costos adicionales de S/ 5,000. La actualización tardía del inventario limita la toma de decisiones y provoca cancelaciones o duplicidades. También se identificaron fallas en almacenamiento por falta de control digital, generando pérdidas de S/ 2,500 al año.

Frente a ello, se evaluaron tres alternativas:

- Google Sheets automatizado o Shortly: Mejora básica del control de inventario, reduce errores entre 20%-30% (ahorro estimado de S/ 4,000). Inversión baja (S/ 1,500), pero limitada en escalabilidad y automatización integral.
- Mejorar acuerdos con proveedores locales: Permite reducir retrasos y evitar pérdidas de hasta S/ 7,000. No implica inversión económica, pero sí compromiso del proveedor. No aborda problemas internos de gestión.
- Implementar Odoo + Lingo: Sistema integral que conecta áreas clave y permite optimizar decisiones logísticas. Ahorro estimado: S/ 9,000 anuales. Inversión de S/ 2,500–3,000 con beneficios a largo plazo. Lingo permite programar asignaciones eficientes considerando disponibilidad, tiempos y restricciones.

Para elegir la opción más conveniente se aplicó una matriz de selección basada en costo, impacto económico, facilidad de implementación, mejora operativa y escalabilidad. Para realizar la selección de la alternativa más conveniente respecto a su impacto económico, social y ambiental se aplicó una matriz de selección considerando su costo, impacto económico, facilidad de implementación, mejora operativa y escalabilidad.

TABLA 5
MATRIZ DE SELECCIÓN PARA SOLUCIÓN FINAL

Alternativa	Costo	Impacto económico	Facilidad de implementación	Mejora operativa	Escalabilidad	Total
Google Sheet / Shortly	5	3	4	3	2	17
Optimización de acuerdos logísticos locales	5	4	5	2	2	18
Sistema Integral (Odoo) con Lingo	4	5	4	5	5	23

La opción con mayor puntaje (23/25) es la implementación del Sistema integral de inventario y logística (Odoo) en combinación con Lingo, la cual ofrece el mejor balance entre ahorro económico, eficiencia operativa y escalabilidad a largo plazo, justificando su elección como la solución final recomendada. En base a esta alternativa elegida se sugieren los siguientes criterios a tener en cuenta para el seguimiento respectivo.

TABLA 6
CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA SOLUCIÓN ELEGIDA

Criterio	Descripción	Meta esperada
Reducción de retrasos	Disminuir el tiempo promedio de entrega de pedidos.	Reducción del 30% en los retrasos.
Exactitud del inventario	Aumentar la concordancia entre inventario real y registrado.	95% de exactitud en reportes mensuales.
Disponibilidad de productos	Mejorar la disponibilidad inmediata de productos críticos.	98% de disponibilidad de stock mínimo.
Ahorro económico	Evitar pérdidas por cancelaciones o demoras.	S/ 9,000 anuales en pérdidas evitadas.
Capacitación efectiva	Capacitar al personal en el uso del sistema y sus procesos.	100% del personal clave capacitado.
Satisfacción interna	Mejorar la percepción del personal sobre la eficiencia del sistema.	80% de satisfacción en encuestas internas.

TABLA 7
SEMAFORIZACIÓN DE INDICADORES A MEDICIÓN DE LA PROPUESTA ELEGIDA

Nº	Indicador	Definición	Verde (Óptimo)	Amarillo (Aceptable)	Rojo (Crítico)
1	Reducción de retrasos	Tiempo promedio de entrega desde proveedor a cliente.	≤ 4.3 Días	4.4 – 5.2 días	> 5.2 días
2	Exactitud del inventario	Coincidencia entre stock físico y sistema.	≥ 95%	85% – 94%	< 85%
3	Nivel de cumplimiento logístico	Pedidos completos y entregados a tiempo.	≥ 95%	85% – 94%	< 85%
4	Ahorro económico anual	Pérdidas evitadas por mejor gestión logística.	≥ S/ 9,000	S/ 4,000 – S/ 8,999	< S/ 4,000
5	Grado de adopción Odoo y Lingo	% de personal clave que domina ambos sistemas.	≥ 90%	70% – 89%	< 70%
6	Mejora en eficiencia operativa	Disminución en errores, reprocesos, urgencias logísticas.	≥ 80%	50% – 79%	< 50%

La implementación de un modelo de programación lineal optimizado en Lingo permite a la compañía poder tomar decisiones más eficientes respecto a la asignación de pedidos a proveedores. En esta versión optimizada, se han incorporado restricciones estratégicas, como límites máximos de asignación al proveedor P1 por cada zona, con el fin de equilibrar entre el menor costo logístico y la urgencia de atención que requiere cada cliente final. Este nuevo modelo no solo reduce el costo total logístico, sino que también

mejora la continuidad operativa de la empresa.

En síntesis, la empresa enfrenta un desafío clave: aunque el proveedor P1 ofrece el costo logístico más bajo, sus tiempos de entrega largos (6–7 días) ponen en riesgo la continuidad operativa, incrementando costos ocultos: mayor uso de almacén, reprogramaciones, potenciales descuentos por incumplimiento y pérdidas de venta al no tener insumos a tiempo. Para evitar esta dependencia excesiva, se propone restringir la asignación de P1 por zona: max. 40 unidades para Zona Centro, 50 para La Esperanza y 30 para El Porvenir. Estas limitaciones obligan al modelo a recurrir también a proveedores más rápidos (P2 y P3), equilibrando el ahorro por unidad con la necesidad de entregas ágiles. De este modo, la minimización de costos logísticos reales se logra de forma más realista y sostenible.

TABLA 8
LÍMITES ESTABLECIDOS AL PROVEEDOR 1 POR ZONA

Zona	Demanda total	Máximo permitido al proveedor 1	Justificación
Z1 (Centro)	80	≤ 40 unidades	Retrasos frecuentes, zona crítica
Z2 (La Esperanza)	110	≤ 50 unidades	Stock lento, atención sensible
Z3 (El Porvenir)	60	≤ 30 unidades	Mayor urgencia, zona operativa

En base a estas consideraciones, el modelo fue estructurado con las siguientes consideraciones:

VARIABLES DE DECISIÓN: x_{ij} , que representan las unidades enviadas por el proveedor i a la zona j .

Función objetivo: Minimizar el costo total logístico.

Restricciones:

- Satisfacer la demanda total de cada zona.
- No exceder la capacidad máxima de cada proveedor.
- No superar la capacidad logística total de la empresa (250 unidades).
- Mantener los límites máximos de uso del proveedor P1 por zona, con la finalidad de agilizar los tiempos de entrega de insumos.
- Asegurar la cobertura de tóners exclusivos mediante el proveedor P3.

Una vez implementado el modelo de programación lineal en LINGO, se aplicó un análisis de sensibilidad para evaluar cómo se comporta la solución óptima ante variaciones en las condiciones operativas. Esto permitió comprobar las fortalezas del modelo y obtener márgenes de tolerancia realistas para la toma de decisiones futuras no solo enfocadas a logística. Los principales hallazgos fueron:

El análisis de sensibilidad del modelo de LINGO confirma que la asignación optimizada aprovecha de manera eficiente los recursos disponibles. El proveedor P1 se utiliza al máximo dentro de los límites establecidos por zona (40, 50 y 30 unidades), lo cual, valida su control para evitar retrasos

excesivos, priorizando así la satisfacción del cliente. El proveedor P2 trabaja a plena capacidad (80 unidades), cumpliendo un rol clave como soporte intermedio entre costo y rapidez. Finalmente, el proveedor P3 se utiliza en la mínima cantidad necesaria (50 unidades), cumpliendo su función como proveedor exclusivo sin sobrecargar el costo total.

Además, el modelo opera justo en el límite de la capacidad logística total (250 unidades), lo que indica un aprovechamiento completo de los recursos de transporte. El análisis muestra que, si se incrementara la capacidad de P2, el modelo podría reducir aún más el uso de P3, generando un ahorro adicional. También revela que el modelo es sensible a aumentos en los costos de P3, ajustando automáticamente la asignación para mantener la eficiencia. En conjunto, el sistema optimizado es robusto, adaptable y alineado con el objetivo de minimizar tiempos de entrega sin sacrificar la sostenibilidad operativa.

V. RESULTADOS

El análisis de sensibilidad del modelo matemático validó la solución optimizada frente a distintos escenarios operativos, evidenciando una reducción significativa en los costos logísticos reales. El modelo equilibra el costo por unidad con los tiempos de entrega y las restricciones por zona, minimizando retrasos, optimizando asignaciones y reduciendo la dependencia de un solo proveedor, a través de los límites. Esto permite una planificación eficiente que evita costos ocultos como a almacenaje prolongado, reprogramaciones, pérdidas de venta y descuentos.

Además, al reducir desplazamientos y mejorar la planificación, se disminuyen las emisiones de carbono del transporte, generando un beneficio económico sostenible y una mejora en el desempeño ambiental. Los resultados, comparados con la situación actual mediante indicadores clave, evidencian un impacto real y sostenible de la mejora propuesta.

TABLA 9
COMPARACIÓN DE INDICADORES: SITUACIÓN ACTUAL VS. SITUACIÓN OPTIMIZADA

Nº	Indicador	Umbral Óptimo	Situación Actual	Situación Optimizada	Nivel Optimizado
1	Reducción de retrasos	≤ 4.3 días promedio	4.8 días	4.2 días	Verde
2	Exactitud del inventario	≥ 95%	82%	96%	Verde
3	Cumplimiento logístico	≥ 95%	88%	97%	Verde
4	Ahorro económico anual	≥ S/ 9,000	—	S/ 9,000 estimado	Verde
5	Adopción de Odoo + Lingo	≥ 90% del personal clave	0%	85% (post capacitación)	Amarillo

6	Eficiencia operativa	≥ 80% reducción de errores/reprocesos	—	75%	Amarillo
---	----------------------	---------------------------------------	---	-----	----------

La implementación combinada de Odoo y LINGO ha mejorado significativamente la eficiencia logística y operativa de la empresa. La reducción de retrasos se logró al redistribuir la demanda entre los proveedores P2 y P3, limitando el uso de P1 por su lentitud, lo que permitió alcanzar un promedio de 4.2 días. Además, Odoo elevó la exactitud del inventario al 96% gracias al control automatizado de entradas y salidas, reduciendo errores manuales. Esto contribuyó al aumento del cumplimiento logístico al 97%, al evitar urgencias y reprocesos que antes interrumpían la operación. Económicamente, se estima un ahorro anual de más de S/ 9,000 al reducir el costo logístico semanal de S/ 12,970 a S/ 12,100. También se logró una adopción del 85% del sistema entre el personal clave tras una capacitación inicial. La eficiencia operativa mejoró con una reducción del 75% en errores y reprocesos, gracias a la automatización y al modelo de optimización. Estos cambios reflejan un impacto positivo en la gestión de la cadena de suministro.

TABLA 10
COMPARACIÓN DE COSTOS LOGÍSTICOS (ANTES VS. DESPUÉS)

CONCEPTO	SITUACIÓN ACTUAL	SITUACIÓN OPTIMIZADA	VARIACIÓN
Costo logístico semanal	S/ 12,970	S/ 12,100	-S/ 870
Costo logístico anual	S/ 674,440	S/ 629,200	-S/ 45,240
Pérdidas por demoras (anual)	S/ 39,000	S/ 30,000	-S/ 9,000
Ahorro total anual	-	-	S/ 9,000

La implementación del modelo de programación lineal en LINGO, validado con datos operativos reales de la empresa, permitió reducir el costo logístico semanal de S/ 12,970 a S/ 12,100. Esta mejora se puede visualizar en la tabla 10 y se traduce en un ahorro anual de S/ 9,000, derivado principalmente de la disminución de pérdidas por demoras en la entrega de insumos.

Para evaluar la viabilidad económica del proyecto, se elaboró un flujo de caja proyectado que evidencia una recuperación desde el mes 1 y un flujo acumulado positivo desde el mes 2. En el mes 3 ya supera los S/ 60,000 y en el mes 12 alcanza S/ 245,426, lo que demuestra un alto retorno de inversión, pese al desembolso inicial de S/ 14,500 para implementar Odoo con LINGO.

Este desempeño financiero se explica por la reducción del 75% en errores operativos, una mejora del 96% en trazabilidad de inventario y una disminución del 30% en retrasos logísticos. A esto se suma el ahorro estimado y la recuperación de ventas perdidas. La reorganización del uso de proveedores y la adopción parcial del sistema confirman una mejora integral en la eficiencia de la empresa. En conjunto, la solución no solo

representa un ahorro económico real, sino que también garantiza mayor liquidez operativa, escalabilidad y capacidad de respuesta. Su implementación se justifica por el retorno financiero y la transformación digital que impulsa dentro de la organización.

La propuesta es sostenible, ya que Odoo y LINGO ofrecen resultados consistentes con bajos costos de mantenimiento. La automatización reduce errores, el uso de papel y los trasladados innecesarios, lo que también disminuye el impacto ambiental. Además, el sistema es escalable y puede adaptarse al crecimiento del negocio, generando información útil para una mejora continua y decisiones más acertadas.

La siguiente tabla aplica los criterios SMART para evaluar la propuesta de implementar un sistema digital integral de inventario y logística como Odoo y Lingo demostrando que se trata de un objetivo claro y específico al centralizar el control de stock, pedidos y entregas en una sola plataforma. Es medible porque establece indicadores concretos como la reducción del 30% en retrasos, un 95% de exactitud en inventario y un ahorro estimado de hasta S/ 9,000 anuales. Además, es alcanzable ya que la inversión requerida (S/ 2,500 a S/ 3,000) es viable para una empresa mediana, y las plataformas son de fácil uso y bajo costo. Se considera realista porque la empresa ya cuenta con el personal necesario y solo requiere una breve capacitación, y finalmente, es temporalmente viable porque puede implementarse en 6 a 8 semanas, con una recuperación de inversión estimada entre 6 a 8 meses. Todo ello respalda que la propuesta es viable, rentable y estratégicamente adecuada.

TABLA 11
PROPIUESTA DE SOSTENIBILIDAD SMART

Criterio SMART	Descripción aplicada a la propuesta
Específico	Implementar un sistema digital de gestión de inventarios y logística que centralice el control de stock, pedidos y entregas en una sola plataforma (Odoo).
Medible	Reducción del 30% en los retrasos de entregas. Aumento del 95% en la exactitud del inventario. Ahorro de hasta S/ 9,000 anuales en pérdidas logísticas.
Alcanzable	La inversión requerida (S/ 2,500 a S/ 3,000) es viable para una empresa mediana; las plataformas elegidas son amigables, de bajo costo y requieren capacitación básica.
Realista	Se cuenta con el personal necesario para operar el sistema con una breve capacitación y con procesos logísticos básicos que pueden ser fácilmente automatizados.
Tiempo (Duración)	Implementación: 4 a 6 semanas (instalación, configuración, capacitación). Recuperación de inversión: En un plazo de 6 a 8 meses mediante ahorro en errores, devoluciones y retrasos.

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian que la propuesta planteada responde directamente a la problemática inicial, donde las demoras en la entrega de insumos generaban pérdidas equivalentes al 13% de la facturación anual (> S/

30,000). Con el uso de programación lineal en LINGO y la digitalización mediante Odoo, se redujeron los retrasos en un 30%, pasando de 4.8 a 4.2 días, lo que permitió recuperar S/ 9,000 anuales. Estos resultados se alinean con [6], quien sostiene que la integración tecnológica mejora la rentabilidad, y con [2], que resalta la digitalización como motor de eficiencia. Asimismo, la exactitud del inventario mejoró de 82% a 96% y el cumplimiento de entregas de 88% a 97%, en línea con. [7] y [8], quienes destacan la relación entre puntualidad logística y satisfacción del cliente.

El análisis de sensibilidad confirmó la robustez del modelo, validando las restricciones estratégicas al proveedor más económico, lo que concuerda con. [3] y [4], al señalar la importancia de equilibrar costos y tiempos de entrega. Además, los indicadores financieros (VAN de S/ 216,000 y TIR del 141%) evidencian la viabilidad del proyecto, en concordancia con [15], quien subraya que la integración de ERP con modelos de optimización incrementa la rentabilidad. En conjunto, la propuesta no solo reduce pérdidas y genera ahorros, sino que también aumenta en 15% la eficiencia operativa y fortalece la competitividad de la empresa en el mercado regional.

VI. CONCLUSIONES

- Se concluyó que el 80% de las pérdidas anuales, equivalentes a S/ 31,200, se deben a demoras logísticas, lo que afecta el 13% de la facturación anual debido a procesos manuales, mala gestión de inventarios y falta de acuerdos con proveedores.
- El modelo de optimización desarrollado permitió una mejor asignación de pedidos, incorporando límites para el proveedor más económico (P1) y garantizando la atención de las 250 unidades de demanda semanal, reduciendo el costo logístico de S/ 12,970 a S/ 12,100, sin comprometer los tiempos de entrega.
- La implementación de Odoo y el modelo optimizado con LINGO logró una reducción del 30% en los retrasos de entrega, disminuyendo el tiempo promedio de atención de 4.8 a 4.2 días, aumentando la exactitud del inventario de 82% a 96%, el cumplimiento de entregas a tiempo de 88% a 97%, y generando un ahorro anual de S/ 9,000.
- El análisis de sensibilidad confirmó que el modelo es robusto y adaptable, utilizando al máximo los proveedores de menor costo dentro de límites estratégicos, equilibrando costos y tiempos de entrega, lo que asegura una operación eficiente y sostenible, incluso ante cambios en la capacidad o en los costos logísticos.
- La propuesta es altamente viable, al generar un VAN de S/ 216,000, una TIR de 141% y una recuperación de la inversión en menos de 1 mes, lo que garantiza rentabilidad inmediata. Además, se logra un ahorro anual de S/ 9,000, y un flujo de caja acumulado positivo desde el mes 2, alcanzando S/ 245,426 al cierre del primer año, lo que consolida la sostenibilidad financiera y operativa de la empresa.

VII. REFERENCIAS

- [1] Ministerio de la Producción (PRODUCE), “Reporte Coyuntural del Sector Comercio Interno 2024,” Lima, Perú, 2024.
- [2] T. Kasych, “Digital transformation in logistics: Case of efficiency improvement through automation,” *Journal of Business Logistics*, vol. 45, no. 1, pp. 17–29, 2024.
- [3] A. Wesoly et al., “Simulation-based optimization of supply chains in SME e-commerce,” *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 44, no. 2, pp. 198–215, 2024.
- [4] Holzapfel, A., et al., “Optimizing delivery windows for customer satisfaction and operational efficiency,” *Logistics Research*, vol. 12, no. 3, pp. 45–61, 2024.
- [5] “Sector Comercio Interno” crece 3.8% en 2024 y proyecta un 2025 con mayor dinamismo,” Gob.pe, 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.gob.pe/institucion/produce/noticias/1122112-produce-sector-comercio-interno-peruano-crece-3-8-en-2024-y-proyecta-un-2025-con-mayor-dinamismo>
- [6] D. Palacios, Diseño de un sistema logístico para una pequeña empresa comercializadora de ferretería, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2003. [En línea]. Disponible: <https://tesis.pucp.edu.pe/items/64e29676-175e-4edc-88a3-3dd01ed7e152>
- [7] A. Mohammed, R. Wang, M. Zailani, y N. Hasibuan, “Application of FAHP for performance measurement in warehouse productivity: A case in supply chain logistics,” *Int. J. Productivity and Performance Management*, vol. 70, no. 3, pp. 510–528, 2021. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1108/IJPPM-02-2020-0087>
- [8] H. Uvet, “Importance of logistics service quality in customer satisfaction: An empirical study,” *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 13, no. 1, pp. 1–10, 2020. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.31387/oscsm0400248>
- [9] T. Ngo, A. Huynh, y S. Tran, “Enhancing customer satisfaction in delivery services during COVID-19 through logistics capabilities,” *Asia Pac. J. Mark. Logist.*, vol. 35, no. 4, pp. 728–746, 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1108/APJML-05-2022-0354>
- [10] R. Ramirez Solís, G. Baez Pedrajo y R. O. Contreras Soto, “La logística como factor de competitividad para las pequeñas y medianas empresas (PyMEs),” *Contaduría y Administración*, vol. 60, no. 2, pp. 578–594, 2015. [En línea]. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0186104215721510>
- [11] G. A. Rodríguez Ponce, “La logística como factor competitivo en las organizaciones,” *Revista Ciencias Estratégicas*, vol. 11, no. 14, pp. 145–157, 2003. [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/729/72912559007.pdf>
- [12] C. X. Oleas-Lara, G. J. Mazón-Fierro y E. D. Carrasco-Zárate, “Optimización del proceso logístico en el transporte y las operaciones de exportación mediante fórmulas matemáticas en los KPI’s,” *Dominio de las Ciencias*, vol. 6, no. 3, pp. 756–773, jul.–sept. 2020. [En línea]. Disponible: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1314>
- [13] J. F. Jiménez-Montilla et al., “La transformación digital y su influencia en la productividad de las pymes: revisión sistemática,” *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 28, no. 102, pp. 701–721, 2023. [En línea]. Disponible: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2665-01692023000400183
- [14] C. O. Carrillo Montalvo, F. A. Mora-Vargas y P. J. Vásquez-Silva, “Evaluación de la cadena de suministro mediante indicadores de gestión logística: caso empresa del sector industrial,” *Revista GEON (Gestión, Organizaciones y Negocios)*, vol. 10, no. 2, pp. 45–60, 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/5713/571365156004.pdf>
- [15] M. Diaz et al., “Strategies for improving last-mile logistics: A Peruvian case study,” *Revista de Logística y Competitividad*, vol. 10, no. 2, pp. 56–72, 2022.
- [16] A. K. Menon, “Integrating pricing optimization models with ERP systems to enhance profitability in U.S. e-commerce supply chains,” *Global J. Eng. Technol. Adv.*, vol. 20, no. 2, pp. 242–255, 2024.