



Propuesta de optimización del proceso de gestión y priorización de paquetes en almacén operativo mediante técnicas de Inteligencia Artificial.

Trabajo fin de estudio presentado por:	Estudiante 1: "Stephanie Alamilla" Estudiante 2: "Victor Martínez"
Tipo de trabajo:	Investigación - Acción TMF
Director/a:	Fabricio Echeverria
Fecha:	Marzo 17, 2026

Índice

1	Resumen	3
2	Abstract	3
3	Introducción	4
3.1	Objetivo General	5
3.2	Objetivos Específicos	5
3.3	Metodología	5
3.4	Identificación y Análisis del problema	5
3.5	Planificación de la Solución	6
3.6	Definición de Alcance y Recursos	6
4	Identificación y descripción un problema al interior de la organización	7
4.1	Descripción de la empresa a intervenir	7
4.2	Misión	8
4.3	Visión	8
4.4	Mapa de procesos	8
4.5	Descripción del proceso a intervenir	9
4.6	Descripción del problema que presenta el proceso	9
5	Establecimiento de planes de acción para la solución del problema	11
5.1	Establecimiento de objetivos	11
5.2	Descripción de la solución	11
5.3	Secuencia de actividades para ejecución de la solución	12
5.4	Descripción de recursos necesarios para la ejecución de la solución	13
6	Definición del alcance de la solución, partes interesadas, cronograma y presupuestos. 15	
6.1	Alcance final de la solución	15
6.2	Identificación de responsables de las actividades para ejecución	16
6.3	Cronograma de ejecución	17
6.4	Presupuesto	18
7	Referencias bibliográficas	20

1 Resumen

La presente propuesta plantea la optimización del proceso de gestión y priorización de paquetes en un almacén operativo mediante técnicas de Inteligencia Artificial. El enfoque se basa en el uso de datos históricos de la operación —como volumen de paquetes, horarios de llegada, tipo de servicio, compromisos de entrega y rutas— para predecir la carga operativa y facilitar la toma de decisiones en tiempo real.

El modelo de IA propuesto permitiría identificar automáticamente qué paquetes deben moverse primero según su urgencia o impacto en el servicio, reduciendo retrasos y mejorando el flujo interno del almacén. A nivel académico, el trabajo se centra en tres ejes: (1) análisis del proceso actual de gestión de paquetes, (2) diseño de un modelo de machine learning capaz de clasificar y priorizar envíos, y (3) descripción de cómo dicho modelo podría integrarse en la operación logística sin necesidad de implementar el sistema completo.

Con esta propuesta se busca demostrar la viabilidad de aplicar técnicas de IA en la optimización de procesos logísticos, resaltando beneficios como mayor eficiencia, reducción de errores y mejor cumplimiento de compromisos de entrega.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Machine Learning, Optimización logística, Priorización de paquetes, Gestión de almacenes, Predicción de carga operativa, Modelos predictivos

2 Abstract

This proposal aims to optimize the process of package management and prioritization in an operational warehouse through Artificial Intelligence techniques. The approach is based on the use of historical operational data—such as package volume, arrival times, service type, delivery commitments, and routes—to predict workload and support real-time decision-making. The proposed AI model would automatically identify which packages should be moved first based on urgency or service impact, reducing delays and improving internal warehouse flow. From an academic perspective, the work focuses on three main pillars: (1) analysis of the current package management process, (2) design of a machine learning model capable of classifying and prioritizing shipments, and (3) description of how such a model could be integrated into logistics operations without requiring full system implementation. This proposal seeks to demonstrate the feasibility of applying AI techniques to optimize logistics processes, highlighting benefits such as increased efficiency, reduced errors, and improved fulfillment of delivery commitments.

Keywords: Artificial Intelligence, Machine Learning, Logistics Optimization, Package Prioritization, Warehouse Management, Workload Prediction, Predictive Models.

3 Introducción

Este proyecto de aplicación bajo el enfoque de investigación-acción se centra en la optimización del proceso de gestión y priorización de paquetes dentro de un almacén operativo perteneciente a una empresa del sector logístico. En entornos de alta demanda, la correcta clasificación y asignación de paquetes es un factor crítico para garantizar tiempos de entrega adecuados, eficiencia operativa y satisfacción del cliente.

Actualmente, el proceso de priorización se realiza de manera parcialmente manual y basada en criterios reactivos, lo que limita la capacidad de anticipación ante variaciones en el volumen diario de operaciones. Esta situación genera ineficiencias en la asignación de recursos, sobrecarga en determinadas rutas y retrasos en la distribución.

A través de la metodología de investigación-acción, se propone el diseño de una solución basada en técnicas de Inteligencia Artificial que permita anticipar volúmenes operativos y optimizar la toma de decisiones dentro del almacén. El proyecto integra diagnóstico organizacional, análisis del proceso y planificación de una intervención estructurada orientada a mejorar el desempeño operativo de manera sostenible.

3.1 Objetivo General

Desarrollar una propuesta de optimización del proceso de gestión y priorización de paquetes en un almacén operativo, mediante la aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial, con el fin de mejorar la eficiencia en la asignación de recursos y reducir retrasos en la distribución.

3.2 Objetivos Específicos

Para cumplir con el objetivo general, se establecieron tres objetivos específicos:

1. Analizar el proceso actual de gestión y priorización de paquetes, identificando sus causas raíz, limitaciones y efectos sobre el desempeño operativo.
2. Diseñar un modelo predictivo basado en datos históricos que permita anticipar volúmenes de operación y apoyar la toma de decisiones en el almacén.
3. Establecer un plan de acción estructurado que contemple actividades, recursos, responsables y cronograma para la implementación de la solución propuesta.

3.3 Metodología

El proyecto se desarrollará bajo la metodología de investigación-acción, la cual permite intervenir en un entorno real a través de un proceso sistemático de diagnóstico, planificación, acción y evaluación. Esta metodología facilita la integración entre análisis teórico y aplicación práctica, promoviendo una mejora continua basada en evidencia.

En una primera etapa se realizará la identificación y análisis del problema, incluyendo el estudio del contexto organizacional, la revisión del proceso operativo y la identificación de causas raíz. Posteriormente, se diseñará una solución basada en Inteligencia Artificial orientada a optimizar la priorización de paquetes mediante análisis predictivo. Finalmente, se establecerán los lineamientos para la implementación de la solución, definiendo alcance, recursos, cronograma y responsables.

3.4 Identificación y Análisis del problema

En la primera etapa, se realizó un análisis exhaustivo de la organización y del contexto en el cual se desarrolla el proceso afectado. Se documentó el problema identificando sus causas raíz, efectos y puntos críticos que afectaban el desempeño del proceso. Este diagnóstico inicial fue esencial para estructurar la solución y asegurar que la intervención respondiera de manera precisa a las necesidades de la organización.

Para el diagnóstico del problema se empleó un enfoque mixto de análisis cualitativo y cuantitativo. En primer lugar, se realizó observación directa del proceso de gestión y priorización de paquetes dentro del almacén operativo, identificando puntos críticos en la recepción, clasificación y asignación a rutas. Posteriormente, se efectuó un análisis de datos históricos relacionados con volumen diario de paquetes, tiempos de procesamiento y niveles de retraso en la distribución.

También se aplicó un análisis de causa raíz mediante la técnica de los "5 porqués" y el diagrama causa-efecto, lo que permitió identificar factores asociados a la falta de previsión de volumen y a la asignación reactiva de recursos. Este método permitió estructurar un diagnóstico fundamentado que sirvió como base para el diseño de la solución propuesta.

3.5 Planificación de la Solución

En la segunda etapa metodológica se estableció la planificación de una solución orientada a optimizar el proceso de gestión y priorización de paquetes en el almacén operativo. Esta fase contempló la definición de objetivos alineados con la problemática identificada y el diseño preliminar de un modelo basado en técnicas de Inteligencia Artificial para anticipar volúmenes operativos. La planificación incluyó la estructuración conceptual de la intervención, asegurando que la solución abordara las causas raíz detectadas durante el diagnóstico y se integrara de manera coherente con la dinámica operativa de la organización.

3.6 Definición de Alcance y Recursos

En esta fase metodológica se definieron los límites de la intervención y los recursos necesarios para su futura implementación. Se delimitó el alcance de la propuesta, enfocándola exclusivamente en el proceso de gestión y priorización de paquetes dentro del almacén operativo principal. Asimismo, se identificaron los recursos tecnológicos, humanos y organizacionales que serían requeridos para ejecutar la solución propuesta en etapas posteriores, asegurando viabilidad técnica y operativa.

4 Identificación y descripción un problema al interior de la organización

La organización LogiExpress Dominicana S.A. presenta un problema crítico en el proceso de gestión y priorización de paquetes dentro del almacén operativo principal. Actualmente, la asignación de prioridad y recursos se realiza de manera reactiva, basada en la experiencia del personal y en criterios manuales que no consideran de forma estructurada la variabilidad del volumen diario de operaciones.

En días de alta demanda, el volumen de paquetes puede incrementarse de manera significativa, generando acumulación en zonas de clasificación y retrasos en la salida de rutas. Esta falta de anticipación provoca una asignación ineficiente de recursos humanos, sobrecarga en determinadas áreas del almacén y demoras en la distribución final.

El análisis preliminar evidencia que el problema no radica únicamente en la capacidad operativa, sino en la ausencia de un sistema predictivo que permita anticipar picos de volumen y organizar la priorización de paquetes con base en datos históricos. Como consecuencia, se afecta el cumplimiento de tiempos de entrega, la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente.

Este problema impacta directamente los objetivos estratégicos de la organización relacionados con eficiencia logística, reducción de retrasos y mejora continua del servicio.

4.1 Descripción de la empresa a intervenir

LogiExpress Dominicana S.A. es una empresa nacional del sector logístico dedicada a la recepción, almacenamiento, clasificación y distribución de paquetería a nivel local. La organización opera principalmente en el mercado de comercio electrónico y envíos corporativos, gestionando altos volúmenes diarios de paquetes con tiempos de entrega ajustados.

La empresa cuenta con un almacén operativo central donde se realizan los procesos de recepción, clasificación, priorización y despacho hacia rutas de distribución. Este almacén constituye un nodo crítico dentro de la cadena de valor, ya que en él se toman decisiones que impactan directamente los tiempos de entrega y la eficiencia operativa.

En un entorno de creciente demanda y alta variabilidad de volumen, la organización enfrenta el reto de mantener estándares de servicio competitivos mientras optimiza el uso de recursos humanos y tecnológicos.

4.2 Misión

Brindar servicios logísticos eficientes y confiables mediante la gestión integral de recepción, clasificación y distribución de paquetería, garantizando tiempos de entrega competitivos y altos estándares de calidad en el servicio, apoyándose en la mejora continua y el uso estratégico de tecnología.

4.3 Visión

Ser una empresa líder en el sector logístico nacional, reconocida por su eficiencia operativa, innovación tecnológica y capacidad de adaptación a entornos de alta demanda. LogiExpress Dominicana S.A. aspira a consolidar un modelo logístico basado en análisis de datos y herramientas inteligentes que permitan optimizar procesos, anticipar necesidades operativas y ofrecer un servicio confiable y competitivo.

4.4 Mapa de procesos

Para comprender el contexto organizacional, se identificaron los principales macroprocesos de LogiExpress Dominicana S.A., agrupados en procesos estratégicos, misionales (operativos) y de apoyo.

Procesos estratégicos

- Dirección y planificación estratégica.
- Gestión comercial y desarrollo de clientes.
- Gestión de calidad y mejora continua.

Procesos misionales (Operativos)

- Recepción de paquetes.
- Clasificación y priorización en almacén.
- Asignación a rutas de distribución.
- Distribución y entrega final.

Procesos de apoyo

- Gestión de talento humano.
- Gestión tecnológica y sistemas de información.

- Gestión financiera y administrativa.
- Mantenimiento de infraestructura y equipos.

El proceso intervenido en este proyecto corresponde al macroproceso misional de **clasificación y priorización en almacén**, el cual impacta directamente la eficiencia de la distribución.

4.5 Descripción del proceso a intervenir

El proceso de clasificación y priorización en almacén inicia con la recepción física de los paquetes provenientes de proveedores, centros de consolidación o clientes corporativos. Una vez ingresados al almacén, los paquetes son identificados, escaneados y ubicados en zonas de clasificación según destino, tipo de servicio y nivel de urgencia.

Posteriormente, el personal operativo organiza los paquetes para su asignación a rutas de distribución, priorizando manualmente aquellos considerados urgentes o con compromisos de entrega más estrictos. Esta priorización se realiza principalmente con base en la experiencia del equipo y en la observación del volumen acumulado en cada zona del almacén.

El proceso finaliza cuando los paquetes son cargados en los vehículos asignados a cada ruta para su distribución final. La eficiencia de este proceso depende en gran medida de la correcta anticipación del volumen diario y de una asignación adecuada de recursos humanos y logísticos.

4.6 Descripción del problema que presenta el proceso

El proceso de clasificación y priorización en almacén presenta una limitación estructural relacionada con la ausencia de mecanismos predictivos que permitan anticipar variaciones en el volumen diario de paquetes. Actualmente, la priorización se realiza de forma reactiva, una vez que el volumen ya se encuentra físicamente acumulado en las zonas de clasificación.

Esta dinámica genera escenarios en los que el personal operativo debe reorganizar actividades en tiempo real, reasignar recursos de manera improvisada y priorizar paquetes bajo presión operativa. Como resultado, se producen cuellos de botella en determinadas áreas del almacén, incrementos en los tiempos de procesamiento y demoras en la salida de rutas.

El análisis de datos históricos evidencia variaciones significativas en el volumen diario de paquetes, especialmente en periodos promocionales y fines de semana, sin que exista

un sistema estructurado que permita anticipar estos picos y ajustar la planificación operativa con antelación.

Las principales consecuencias del problema incluyen:

- Incremento en tiempos de entrega.
- Uso ineficiente de recursos humanos.
- Sobrecarga operativa en momentos críticos.
- Impacto negativo en la experiencia del cliente.

El problema, por tanto, no se limita a una falla operativa puntual, sino a la falta de un modelo basado en datos que apoye la toma de decisiones anticipadas dentro del proceso.

5 Establecimiento de planes de acción para la solución del problema

En esta sección se establecen los objetivos claros y específicos que el plan de acción busca alcanzar, asegurando su alineación con la solución al problema identificado. Posteriormente, se describe la solución propuesta, explicando cómo esta abordará las causas raíz del problema y mejorará el desempeño del proceso afectado. Finalmente, se presenta una secuencia de actividades organizada cronológicamente, con la identificación de los recursos necesarios para cada etapa, garantizando una implementación efectiva, medible y sostenible.

5.1 Establecimiento de objetivos

- ★ Anticipar variaciones en el volumen diario de paquetes mediante un modelo predictivo basado en datos históricos.
- ★ Optimizar la priorización de paquetes en el almacén, reduciendo retrasos y cuellos de botella.
- ★ Mejorar la asignación de recursos humanos y tecnológicos en función de la demanda operativa.
- ★ Incrementar la eficiencia logística y el cumplimiento de compromisos de entrega, fortaleciendo la satisfacción del cliente.

5.2 Descripción de la solución

La solución propuesta consiste en el diseño de un modelo de Inteligencia Artificial con técnicas de machine learning que analice datos históricos de la operación (volumen de paquetes, horarios de llegada, tipo de servicio, compromisos de entrega y rutas). Este modelo permitirá:

- ★ Predecir la carga operativa diaria.
- ★ Clasificar automáticamente los paquetes según urgencia e impacto en el servicio.
- ★ Generar recomendaciones para la asignación de recursos en tiempo real.

De esta manera, se aborda la causa raíz del problema: la ausencia de un sistema predictivo que permita anticipar picos de volumen y organizar la priorización de paquetes

con base en datos. El modelo se integrará como herramienta de apoyo dentro del sistema de gestión del almacén (WMS), complementando la experiencia del personal operativo y reduciendo la dependencia de decisiones reactivas.

5.3 Secuencia de actividades para ejecución de la solución

1. Análisis y diagnóstico inicial
 - Actividad: recopilar y depurar datos históricos de operación (volúmenes, tiempos de entrega, rutas).
 - Recursos: analistas de datos, acceso a bases internas.
2. Desarrollo del modelo predictivo
 - Actividad: seleccionar algoritmos (Random Forest, XGBoost), definir variables de entrada y construir el modelo.
 - Recursos: especialistas en IA, software de análisis (Python, AWS SageMaker).
3. Integración con sistema WMS
 - Actividad: diseñar la conexión del modelo con el sistema de gestión de almacenes (WMS).
 - Recursos: personal de TI, arquitectos de sistemas, documentación técnica.
4. Capacitación del personal
 - Actividad: entrenar al equipo operativo en el uso de dashboards y recomendaciones generadas por el modelo.
 - Recursos: sesiones de formación, manuales de usuario, instructores internos.
5. Implementación Piloto
 - Actividad: aplicar el modelo en un entorno controlado del almacén para validar su funcionamiento en condiciones reales.
 - Recursos: equipo técnico, personal operativo, infraestructura de prueba.
6. Monitoreo y evaluación
 - Actividad: establecer indicadores clave (tiempos de entrega, eficiencia en rutas, reducción de retrasos) y realizar seguimiento continuo.
 - Recursos: equipo de calidad, herramientas de monitoreo, reportes periódicos.

5.4 Descripción de recursos necesarios para la ejecución de la solución

5.4.1 Recursos Humanos

- **Analistas de datos:** responsables de la recolección, depuración y análisis de la información histórica de operaciones.
- **Especialistas en Inteligencia Artificial:** encargados del diseño, entrenamiento y validación del modelo predictivo.
- **Personal de TI:** apoyo en la integración del modelo con el sistema de gestión del almacén (WMS) y mantenimiento de la infraestructura tecnológica.
- **Operarios del almacén:** aplicación práctica de las recomendaciones generadas por el modelo y retroalimentación sobre su efectividad.
- **Equipo de calidad:** seguimiento de indicadores clave de desempeño (KPIs) y evaluación de la mejora continua.

5.4.2 Recursos tecnológicos

- **Servidores y almacenamiento en la nube (ej. AWS, Azure):** para el entrenamiento y ejecución del modelo de machine learning.
- **Software de análisis y modelado:** Python, librerías de ML (Scikit-learn, TensorFlow, XGBoost), y plataformas como AWS SageMaker.
- **Dashboards de visualización:** herramientas como Power BI o Tableau para mostrar resultados y recomendaciones en tiempo real.
- **Sistemas de escaneo y registro:** lectores de códigos de barras y RFID para alimentar el modelo con datos actualizados.

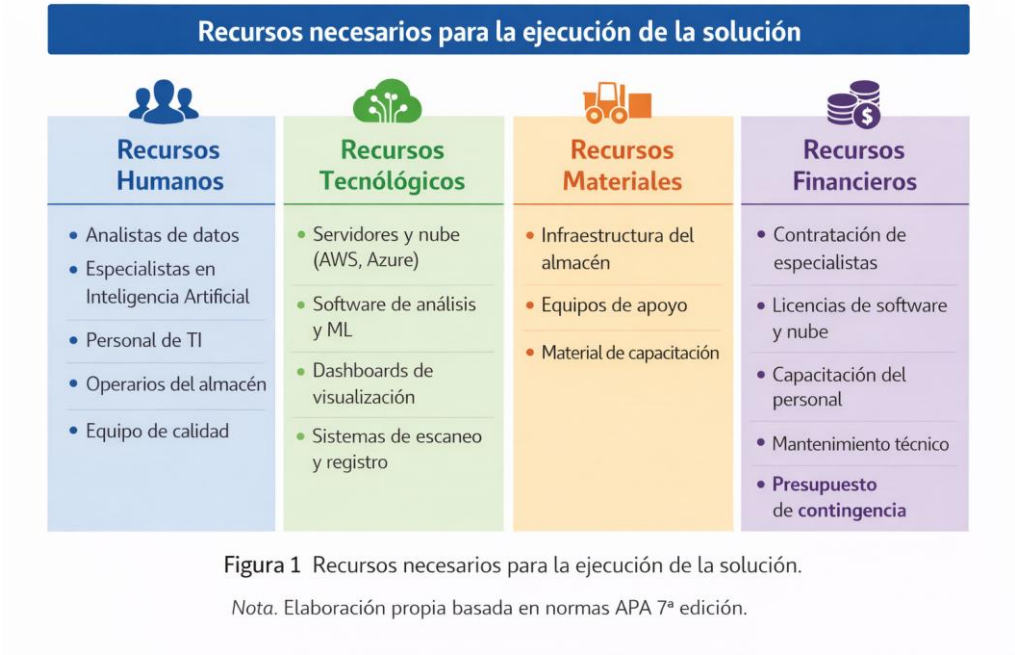
5.4.3 Recursos materiales

- **Infraestructura del almacén:** áreas de clasificación, zonas de carga y equipos de transporte interno.
- **Equipos de apoyo:** estaciones de trabajo para analistas, dispositivos móviles para operarios, y pantallas de control en zonas críticas.
- **Material de capacitación:** manuales de usuario, guías operativas y recursos didácticos para entrenar al personal.

5.4.4 Recursos financieros

- Contratación de especialistas externos en IA y análisis de datos.
- Licencias de software y servicios en la nube.
- Capacitación del personal operativo y técnico.
- Mantenimiento y soporte técnico del sistema.
- Presupuesto de contingencia para ajustes operativos y mejoras posteriores.

GRAFICA DE RECURSOS



6 Definición del alcance de la solución, partes interesadas, cronograma y presupuestos.

La solución propuesta se enfoca exclusivamente en el proceso de clasificación y priorización de paquetes dentro del almacén operativo principal de LogiExpress Dominicana S.A. No contempla la implementación completa del sistema, sino el diseño conceptual de un modelo predictivo basado en Inteligencia Artificial, su validación con datos históricos y la definición de lineamientos para su integración operativa.

6.1 Alcance final de la solución

Objetivos específicos del alcance:

- Diseñar un modelo de machine learning que prediga la carga operativa diaria.
- Establecer criterios automáticos de priorización de paquetes según urgencia e impacto.
- Proponer un plan de integración con el sistema de gestión del almacén (WMS).
- Capacitar al personal operativo en el uso de la herramienta.

Resultados esperados:

- Reducción de retrasos en la salida de rutas.
- Mejora en la asignación de recursos humanos y logísticos.
- Incremento en la eficiencia operativa y cumplimiento de entregas.

6.2 Identificación de responsables de las actividades para ejecución



Descripción de Responsabilidad por área

- **Dirección General**
Responsable de la aprobación estratégica del proyecto y de la asignación de recursos necesarios para su ejecución. Su rol es garantizar el alineamiento con los objetivos institucionales y autorizar la implementación.
- **Área de Operaciones**
Encargada de coordinar el proceso dentro del almacén, asegurando que el modelo propuesto se aplique correctamente en la operación diaria. Supervisa la ejecución logística y ajusta procedimientos según resultados.
- **Área de Tecnología (TI)**
Su función principal es integrar el modelo de IA con el sistema de gestión de almacenes (WMS), asegurando compatibilidad técnica, seguridad de datos y funcionalidad operativa.
- **Equipo de IA / Analistas de datos**
Diseñan, entrenan y validan el modelo de machine learning. Son responsables de la calidad del algoritmo, la selección de variables relevantes y la interpretación de resultados para su aplicación práctica.
- **Personal Operativo**
Utiliza el sistema en tiempo real y proporciona retroalimentación sobre su funcionamiento. Su experiencia directa permite identificar oportunidades de mejora y validar la utilidad del modelo en campo.
- **Área de Calidad**
Monitorea los indicadores clave de desempeño (KPIs), evalúa la efectividad del modelo y propone ajustes para mantener la mejora continua. Su rol es asegurar que los resultados cumplan con los estándares establecidos.

6.3 Cronograma de ejecución

Tabla 1. Cronograma de actividades.

Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Análisis y diagnóstico inicial	X	X				
Desarrollo del modelo predictivo		X	X	X		
Integración con sistema WMS			X	X	X	
Capacitación del personal			X	X	X	X
Implementación Piloto				X	X	X
Monitoreo y evaluación						X

El cronograma está estructurado en seis actividades clave, distribuidas a lo largo de nueve meses, con **hitos marcados en diamante amarillo** que indican puntos de control importantes. Las **líneas punteadas verticales** señalan el inicio de una nueva fase del proyecto.

■ Análisis y diagnóstico inicial (Meses 1-2)

Se realiza la recolección y depuración de datos históricos, así como el estudio del proceso actual. Este análisis permite identificar causas raíz y establecer las bases del modelo.

Hito: Finalización del diagnóstico y validación del problema.

■ Desarrollo del modelo predictivo (Meses 2-4)

Se diseña y entrena el modelo de machine learning utilizando los datos recopilados. Se seleccionan algoritmos, se ajustan parámetros y se evalúa la precisión.

Hito: Modelo validado con datos de prueba.

■ Integración con sistema WMS (Meses 4-6)

Se define cómo el modelo se conectará con el sistema de gestión del almacén. Se documentan procesos, se realizan pruebas de compatibilidad y se prepara la infraestructura tecnológica.

Hito: Modelo listo para ser utilizado operativamente.

■ Capacitación del personal (Meses 5-7)

Se capacita al equipo operativo en el uso del modelo, Dashboards y recomendaciones. Se entregan manuales y se realizan sesiones prácticas.

Hito: Personal entrenado y preparado para implementación.

■ Implementación piloto (Meses 7–8)

Se realiza una prueba controlada del modelo en condiciones reales, evaluando su impacto en la priorización de paquetes y la eficiencia operativa.
Hito: Finalización de la fase piloto.

■ Monitoreo y evaluación (Meses 8–9)

Se miden indicadores clave (tiempos de entrega, reducción de retrasos, eficiencia en rutas) y se ajusta el modelo según resultados.
Hito: Evaluación final y recomendaciones para escalamiento.

6.4 Presupuesto

Tabla 2. Presupuesto.

Rubro	Valor
Análisis y diagnóstico	\$4,000 (Excel, Power BI)
Desarrollo del modelo predictivo	\$10,000 (Python, Jupyter Notebook, Scikit-learn, XGBoost)
Integración con sistema WMS	\$6,000 (API REST, Postman)
Capacitación del personal	\$3,500 (Talleres y materiales)
Implementación y monitoreo	\$5,000 (Power BI, Excel)
Total Estimado	\$28,500

Para elaborar el presupuesto presentado en la Tabla 2, se siguió un proceso detallado que consideró las necesidades técnicas y operativas del proyecto, así como los recursos disponibles y las herramientas más adecuadas para cada fase.

A continuación, se explica cómo llegamos a cada rubro y su valor estimado:

Análisis y diagnóstico (\$4,000): Esta etapa incluyó la recopilación y análisis de datos iniciales para entender el contexto y los requerimientos del proyecto. Se utilizaron herramientas como Excel para la organización de datos y Power BI para la visualización y análisis exploratorio, lo que justificó el costo asignado.

Desarrollo del modelo predictivo (\$10,000): Consideramos el desarrollo de modelos avanzados utilizando Python en Jupyter Notebook, con librerías especializadas como Scikit-learn y XGBoost para la construcción y optimización de modelos predictivos. Este rubro representa la mayor inversión debido a la complejidad técnica y el tiempo requerido.

Integración con sistema WMS (\$6,000): Para asegurar que el modelo predictivo se integrara correctamente con el sistema de gestión de almacenes (WMS), se planificó el

desarrollo y prueba de APIs REST utilizando herramientas como Postman. Este proceso incluye la validación y ajustes necesarios para una integración fluida.

Capacitación del personal (\$3,500): Se destinó un presupuesto para talleres y materiales de capacitación dirigidos al personal que operará y dará seguimiento al sistema, garantizando su correcta adopción y uso eficiente.

Implementación y monitoreo (\$5,000): Finalmente, se consideraron actividades de implementación, seguimiento y ajuste del sistema, utilizando nuevamente Power BI y Excel para el monitoreo de resultados y generación de reportes.

El total estimado de \$28,500 refleja una planificación equilibrada que cubre desde el análisis inicial hasta la puesta en marcha y seguimiento, asegurando la viabilidad técnica y operativa del proyecto.

7 Referencias bibliográficas

FedEx Corporation. (2024). *Annual report 2024: Innovation and logistics optimization*. FedEx. <https://www.fedex.com/en-us/about/annual-report.html>

Christopher, M. (2022). *Logistics & supply chain management* (6th ed.). Pearson Education. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/logistics-supply-chain-management/P200000006401>

Chopra, S., & Meindl, P. (2023). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation* (8th ed.). Pearson. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/supply-chain-management-strategy-planning-and-operation/P200000006402>

Russell, R. S., & Taylor, B. W. (2023). *Operations and supply chain management* (11th ed.). Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Operations+and+Supply+Chain+Management%2C+11th+Edition-p-9781119804036>

Ivanov, D., Tsipoulanidis, A., & Schönberger, J. (2021). *Global supply chain and operations management: A decision-oriented introduction to the creation of value* (3rd ed.). Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-69349-0>