UNIVERSIDAD CATÓLICA

DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA

CARRERA DE NEGOCIOS INTERNACIONALES

TÍTULO:

Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para reducir errores y tiempos en el proceso de picking de un centro de distribución automotriz

AUTORES:

Blacio Córdova, Sayenka Jamilet

Jordan Mendoza, Johnny Jordan

Trabajo de integración curricular previo a la obtención de título de LICENCIADO EN NEGOCIOS INTERNACIONALES

TUTOR:

Eco. Lucin Castillo Virginia Carolina, Mgs.

Guayaquil, Ecuador

22 de agosto del 2026

UNIVERSIDAD CATÓLICA

DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA

CARRERA DE NEGOCIOS INTERNACIONALES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de integración curricular fue realizado en su totalidad por **Blacio Córdova, Sayenka Jamilet** y **Jordan Mendoza, Johnny Jordan,** como requerimiento para la obtención del título de **Licenciados en Negocios Internacionales**

TUTOR (A):

VIRGINIA CAROLINA LUCIN CASTILLO

Firmado digitalmente por VIRGINIA CAROLINA LUCIN CASTILLO
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC, sn=LUCIN CASTILLO, givenName=VIRGINIA CAROLINA, serialNumber=IDCEC-0923749410, cn=VIRGINIA CAROLINA LUCIN CASTILLO, 2.5.4.97=TINEC-0923749410001
Fecha: 2026.08.21 10:31:49 -05'00'

f. _____

Eco. Virginia Carolina Lucin Castillo, Mgs.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Hurtado Cevallos, Gabriela Elizabeth, Mgs.

Guayaquil, a los 22 del mes de agosto del año 2026

UNIVERSIDAD CATÓLICA

DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA

CARRERA DE NEGOCIOS INTERNACIONALES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotro/as, **Blacio Córdova, Sayenka Jamilet** y **Jordan Mendoza, Johnny Jordan**

DECLARAMOS QUE:

El trabajo de Integración Curricular, **Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para reducir errores y tiempos en el proceso de picking de un centro de distribución automotriz,** previo a la obtención del título de **Licenciadas en Negocios Internacionales**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias bibliográficas. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 22 del mes de agosto del año 2026

LOS AUTORES:

f. _____

Blacio Córdova, Sayenka Jamilet

f. _____

Jordan Mendoza, Johnny Jordan

UNIVERSIDAD CATÓLICA

DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA

CARRERA DE NEGOCIOS INTERNACIONALES

AUTORIZACIÓN

Nosotro/as, **Blacio Córdova, Sayenka Jamilet** y **Jordan Mendoza, Johnny Jordan**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **Publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular, **Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para reducir errores y tiempos en el proceso de picking de un centro de distribución automotriz,** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 22 del mes de agosto del año 2026

LOS AUTORES:

f. _____

Blacio Córdova, Sayenka Jamilet

f. _____

Jordan Mendoza, Johnny Jordan

UNIVERSIDAD CATÓLICA

DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA

CARRERA DE NEGOCIOS INTERNACIONALES

REPORTE COMPILATIO

Certificado de análisis
Compilatio Magister+ | UCSG-EC- Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Tesis 100 % Blacio Córdova & Jordan Mendoza (2)
ID : d11c68ceed32fef08de90b22c7b8b9c5373daec7

2%
Textos sospechosos

Nombre del fichero : Tesis 100 % Blacio Córdova & Jordan Mendoza (2).txt
Tamaño del archivo original : 5,59 MB
Número de palabras : 38.901

Depositante : Virginia Carolina Lucín Castillo
Fecha de depósito : 21 de agosto de 2026
Tipo de carga : interface
fecha de fin de análisis : 21 de agosto de 2026

Resumen (sección 1/2)

Localización de los textos sospechosos en el documento :

VIRGINIA CAROLINA LUCIN CASTILLO

Firmado digitalmente por VIRGINIA CAROLINA LUCIN CASTILLO
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC, sn=LUCIN CASTILLO, givenName=VIRGINIA CAROLINA, serialNumber=IDCEC-0923749410, cn=VIRGINIA CAROLINA LUCIN CASTILLO, 2.5.4.97=TINEC-0923749410001
Fecha: 2026.08.21 10:31:49 -05'00'

Eco. Virginia Carolina Lucin Castillo, Mgs.

AGRADECIMIENTO

SAYENKA JAMILET BLACIO CÓRDOVA

Agradezco a mis padres por siempre darme la mano a mí y a mis proyectos futuros

Agradezco a mi hermana por ser mi mayor admiradora y hacerme una mujer ejemplar

Agradezco a mis abuelos por siempre estar expectantes de mi siguiente movimiento y a mis tíos por ser el apoyo y palabras de consciencia s lo largo de mi vida y mi carrera

AGRADECIMIENTO

JOHNNY JORDAN JORDAN MENDOZA

En primer lugar, le doy gracias a mi Dios ya que sin el nada de esto fuera posible, agradezco el esfuerzo de mis padres que me enseñaron todo lo que conozco hoy en día y no solo eso, sino de darme la oportunidad de estudiar, agradezco a mi esposa por ser una mujer idónea y acompañarme en todo las cosas que me ayudan a prepararme para el futuro, a mis dos motores que son mis hijos, la cual para ellos será todos los frutos que yo coseche desde hoy hasta el día que no esté en esta tierra, a mis hermanas que me dan todas las herramientas necesarias para poder avanzar, a mi abuela y abuelo que me dan amor, a mis tíos que con sus palabras me ayudan a reaccionar y no quedarme estancado y a uno en especial que tengo la dicha decir que fue mi tío y que ahora desde arriba está viendo todo mi progreso, a mis amigos que hicieron estos años de universidad más divertido, agradezco a cada profesor que me instruyeron para poder seguir firme en esta carrera, a Mayra vera la secretaria de mi carrera que me ayudo en todo lo posible para agilizar mis estudios, a mi compañera de tesis por darme el privilegio de compartir este evento importante para un estudiante universitario, y para finalizar con mucho aprecio agradezco a esta prestigiosa universidad de tener las mejores herramientas de estudios para sus estudiantes y que sin duda en el futuro los elegiré para que mis hijos estudien en la que para mi es la mejor universidad del Ecuador, este éxito es por cada uno de ustedes gracias.

DEDICATORIA

SAYENKA JAMILET BLACIO CÓRDOVA

Dedico este trabajo a mi abuela, Elvia Valarezo, mi fortaleza y ejemplo de vida; a mi madre, Gabriela Córdova, mi mayor motivación y el motor que me impulsa cada día; y a mi hermana, Giaelle Crespo, por ser la razón que está detrás de cada una de mis decisiones y por inspirarme a ser siempre una mejor persona.

Sin olvidar a los hombres de mi vida, mi padre Pedro Crespo, mis tíos Raúl y Jorge Córdova que han representado lo que es el amor y cuidado para mí a lo largo de esta carrera universitaria que ha costado tanto esfuerzo y sacrificio

Y sobre todo a mi abuelo Daniel Córdova, mi mayor admirador en cada paso y escalón que subí en esta carrera, sé que él está satisfecho con el futuro que me espera

DEDICATORIA

JOHNNY JORDAN JORDAN MENDOZA

Este trabajo se lo dedico a Dios ya que sin él no somos nada, a mis padres que son la persona que pusieron su confianza en mí, a mi esposa que es el amor de mi vida, a mis hijos que son lo que más amo en esta tierra, a mi tío que físicamente no está con nosotros, pero está en mi corazón y siempre lo llevo conmigo, a mis hermanas que por fin le podre decir que también me gradué, y a todas esa personas que me acompañaron durante todos estos años. De la misma manera también quiero hablarle al Johnny del pasado y decirle que lo logramos.

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA
CARRERA DE NEGOCIOS INTERNACIONALES

TRIBUNAL DE DUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Hurtado Cevallos, Gabriela Elizabeth, Mgs.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. _____

PhD. Cesar Enrique Freire Quintero

CORDINADOR DEL ÁREA

f. _____

Apellidos, Nombres

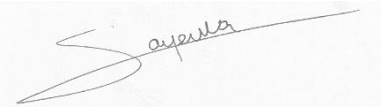
OPONENTE

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA

CARRERA DE NEGOCIOS INTERNACIONALES

CALIFICACIÓN



f. _____

Blacio Córdova, Sayenka Jamilet

f. _____

Jordan Mendoza, Johnny Jordan

Índice

CAPÍTULO I XX

INTRODUCCIÓN 2

1.1. Planteamiento del problema 2

1.1.1. Antecedentes 2

1.1.2. Contextualización del problema 3

1.1.3. Árbol de problemas 5

1.1.4. Formulación del problema 6

1.2. Justificación 6

1.3. Objetivos 8

1.3.1. Objetivo general 8

1.3.2. Objetivos específicos 8

1.4. Variables o categorías de análisis 8

1.4.1. Indicadores de análisis 9

1.5. Alcance de la investigación 10

1.6. Delimitación del estudio 10

CAPÍTULO II 11

MARCO TEÓRICO 11

2.1. Antecedentes investigativos 11

2.2. Bases teóricas 12

2.2.1. Logística y cadena de suministro 12

2.2.2. Centros de distribución 13

2.2.3. Gestión de inventarios 15

2.2.4. Proceso de picking 16

2.2.5. Tipos de picking 17

2.2.6. Errores operativos en picking 18

2.2.7. Indicadores KPI logísticos 19
2.2.8. Inteligencia artificial aplicada a logística 21
2.2.9. Analítica de datos en las operaciones logísticas 22
2.2.10. Técnicas de inteligencia artificial aplicables 23
2.2.11. Business Intelligence y Power BI 25
2.3. Marco conceptual 26
2.4. Marco referencial empresarial 28
2.5. Marco legal 29
CAPÍTULO III 31
METODOLOGÍA 31
3.1. Enfoque de la investigación 31
3.2. Tipo de investigación 31
3.3. Diseño de la investigación 32
3.4. Método de investigación 32
3.5. Unidad de análisis 33
3.6. Población y muestra 34
3.7. Fuentes de información 35
3.7.1. Fuentes primarias 35
3.7.2. Fuentes secundarias 35
3.8. Técnicas de recolección de datos 36
3.8.1. Análisis documental 36
3.8.2. Observación directa 36
3.8.3. Entrevista o consulta técnica 37
3.9. Instrumentos de recolección de datos 37
3.9.1. Ficha de observación 38
3.9.2. Guía de entrevista 38
3.9.3. Matriz de revisión documental 39

3.9.4. Matriz de indicadores logísticos 39
3.10. Operacionalización de variables y categorías de análisis 40
3.11. Procedimiento de análisis de datos 43
3.11.1. Revisión y depuración de la base de datos 43
3.11.2. Análisis descriptivo de pedidos, SKUs y frecuencia de demanda 43
3.11.3. Segmentación operativa de productos 44
3.11.4. Análisis de canastas multi-ítem y relaciones entre SKUs 44
3.11.5. Cálculo de indicadores logísticos 45
3.11.6. Aplicación de técnicas de inteligencia artificial y analítica de datos 45
3.11.7. Diseño de dashboard para visualización de indicadores 46
3.11.8. Diseño de propuesta de mejora 46
3.12. Software y herramientas de análisis 47
3.13. Validez y confiabilidad de la información 48
3.14. Consideraciones éticas y confidencialidad 49
3.15. Limitaciones metodológicas 50
CAPÍTULO IV 52
DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL 52
4.1. Descripción de la empresa objeto de estudio 52
4.1.1. Actividad económica y ubicación 52
4.1.2. Estructura del centro de distribución 53
4.1.3. Recursos operativos y tecnológicos utilizados 54
4.2. Descripción del proceso actual de picking 55
4.2.1. Flujo actual del proceso de picking 55
4.2.2. Responsables del proceso operativo 57
4.2.3. Uso de SAP Business One y dispositivos handheld 58
4.2.4. Verificación, packing y despacho 59
4.3. Caracterización de la base de datos analizada 59

4.3.1. Fuente y periodo de análisis 59
4.3.2. Variables disponibles en el dataset 60
4.3.3. Revisión, depuración y validación de datos 62
4.4. Análisis descriptivo de pedidos, SKUs y demanda 63
4.4.1. Pedidos, transacciones y productos únicos 63
4.4.2. Comportamiento de la demanda por periodo 64
4.4.3. Distribución del tamaño de canasta 65
4.4.4. Comportamiento geográfico de los pedidos 66
4.4.5. Líneas de producto con mayor movimiento 67
4.5. Segmentación de productos y clasificación operativa 68
4.5.1. Criterios de segmentación de productos 68
4.5.2. Distribución de productos por segmento 69
4.5.3. Identificación de productos estrella, candidatos de baja rotación y otros productos 69
4.6. Análisis de tiempos del proceso de picking 70
4.6.1. Tiempo promedio, mínimo y máximo de picking 71
4.6.2. Tiempo de picking total por segmento 71
4.6.3. Interpretación operativa de los tiempos registrados 73
4.7. Análisis de errores, reclamos, devoluciones y reprocesos 73
4.7.1. Errores registrados en el proceso de picking 74
4.7.2. Reclamos, devoluciones y reprocesos asociados 74
4.7.3. Limitaciones del registro histórico de errores 75
4.8. Hallazgos principales del diagnóstico 76
4.8.1. Problemas operativos identificados 77
4.8.2. Oportunidades de mejora 78
4.8.3. Relación entre el diagnóstico y la propuesta de mejora 79
CAPÍTULO V 80

PROPUESTA DE MEJORA BASADA EN ANALÍTICA DE DATOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL 80
5.1. Objetivo de la propuesta 80
5.2. Alcance de la propuesta 80
5.3. Modelo analítico propuesto para la optimización del picking 81
5.3.1. Estructura general del modelo 81
5.3.2. Variables utilizadas en el análisis 83
5.3.3. Flujo de procesamiento de datos 84
5.4. Priorización operativa de SKUs para la mejora del picking 85
5.4.1. Uso de la segmentación de productos en la propuesta 86
5.4.2. Criterios para identificar productos críticos 87
5.4.3. Selección de SKUs para el análisis de recomendación 88
5.5. Reglas de asociación para la identificación de productos relacionados 89
5.5.1. Criterios de construcción de canastas 89
5.5.2. Relación producto estrella y producto candidato 90
5.5.3. Métricas de soporte, confianza y lift 90
5.5.4. Resultados de reglas aplicables al picking 91
5.6. Modelo de ranking mediante Random Forest 93
5.6.1. Finalidad del modelo de ranking 93
5.6.2. Variables de entrada del modelo 93
5.6.3. Evaluación del desempeño del modelo 95
5.6.4. Interpretación de importancia de variables 96
5.7. Aplicativo interactivo de recomendación en Google Colab 97
5.7.1. Funcionamiento del prototipo 97
5.7.2. Consulta de productos estrella 98
5.7.3. Generación de recomendaciones de productos candidatos 98
5.8. Propuesta de reubicación estratégica de productos 99

5.8.1. Criterios de slotting propuestos 99
5.8.2. Priorización de productos para reubicación 101
5.8.3. Relación entre productos recomendados y ubicación en bodega 102
5.9. Dashboard para monitoreo del proceso de picking 103
5.9.1. Indicadores propuestos 103
5.9.2. Visualización de SKUs, demanda y tiempos 105
5.9.3. Seguimiento de errores, reclamos y reprocesos 106
5.10. Proceso de picking propuesto 106
5.10.1. Flujo operativo mejorado 107
5.10.2. Control de productos críticos 109
5.10.3. Gestión de novedades operativas 109
5.11. Plan de implementación de la propuesta 110
5.11.1. Fases de implementación 110
5.11.2. Recursos requeridos 111
5.11.3. Responsables del proceso 112
5.12. Beneficios operativos esperados 113
5.13. Limitaciones de la propuesta 114
6. Bibliografía 118

Índice de Tablas

Tabla 1. Funciones principales de un centro de distribución 14
Tabla 2. Beneficios de una gestión eficiente de inventarios 15
Tabla 3. Modalidades de picking y sus características 18
Tabla 4. Indicadores KPI aplicables a procesos logísticos y de picking 20
Tabla 5. Técnicas de inteligencia artificial aplicables en logística 24
Tabla 6. Instrumentos de recolección de datos 38
Tabla 7. Operacionalización de variables y categorías de análisis 41
Tabla 8. Software y herramientas de análisis de datos 47
Tabla 9. Caracterización general de la empresa objeto de estudio 53
Tabla 10. Estructura operativa del centro de distribución 53
Tabla 11. Recursos operativos y tecnológicos utilizados en el picking 54
Tabla 12. Etapas del proceso actual de picking 56
Tabla 13. Responsables del proceso operativo de picking 57
Tabla 14. Fuente y alcance de la base de datos analizada 60
Tabla 15. Variables disponibles en el dataset analizado 61
Tabla 16. Revisión, depuración y validación de la base de datos 62
Tabla 17. Indicadores generales de pedidos, transacciones y productos 63
Tabla 18. Transacciones registradas por mes 64
Tabla 19. Clasificación de órdenes según tamaño de canasta 66
Tabla 20. Principales ciudades según número de transacciones 66
Tabla 21. Criterios de segmentación operativa de productos 68
Tabla 22. Distribución de registros por segmento de producto 69
Tabla 23. Productos identificados para el análisis operativo 70
Tabla 24. Indicadores generales de tiempo del proceso de picking 71
Tabla 25. Tiempos promedio de picking por segmento de producto 72
Tabla 26. Errores registrados en el proceso de picking 74
Tabla 27. Distribución de reclamos, devoluciones y reprocesos asociados a errores de picking 75
Tabla 28. Limitaciones del registro histórico de errores 76
Tabla 29. Problemas operativos identificados en el diagnóstico 77
Tabla 30. Oportunidades de mejora identificadas en el proceso de picking 78
Tabla 31. Relación entre hallazgos del diagnóstico y componentes de la propuesta 79

Tabla 32. Variables consideradas en el modelo analítico 83
Tabla 33. Uso operativo de los segmentos de productos dentro de la propuesta 86
Tabla 34. Criterios para identificar productos críticos en el proceso de picking 87
Tabla 35. Estructura de canastas utilizadas para reglas de asociación 89
Tabla 36. Criterios de filtrado para reglas de asociación 91
Tabla 37. Ejemplos de reglas de asociación aplicables al picking 92
Tabla 38. Variables de entrada del modelo Random Forest 94
Tabla 39. Evaluación del modelo Random Forest 95
Tabla 40. Criterios de slotting propuestos para la reorganización del picking 100
Tabla 41. Indicadores propuestos para el dashboard de picking 104
Tabla 42. Fases de implementación de la propuesta 111
Tabla 43. Responsables de la implementación de la propuesta 112
Tabla 44. Beneficios operativos esperados de la propuesta 114

Índice de Figuras

Figura 1. Árbol de problemas del proceso de picking en el centro de distribución automotriz6
Figura 2. Etapas generales del proceso de picking 17
Figura 3. Flujo actual del proceso de picking en la empresa objeto de estudio..... 56
Figura 4. Distribución del tamaño de canasta por número de ítems..... 65
Figura 5. Líneas de producto con mayor número de transacciones..... 67
Figura 6. Tiempo de picking total por segmento 72
Figura 7. Estructura general del modelo analítico propuesto para la optimización del picking 82
Figura 8. Importancia de variables del modelo Random Forest 96
Figura 9. Aplicativo interactivo de recomendación en Google Colab..... 98
Figura 10. Productos candidatos priorizados por transversalidad y volumen de coocurrencia 102
Figura 11. Flujo operativo mejorado del proceso de picking 108

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo proponer la aplicación de técnicas de analítica de datos e inteligencia artificial para optimizar el proceso de picking en un centro de distribución del sector automotriz, mediante el análisis de la demanda, la segmentación operativa de productos y la identificación de relaciones entre SKUs. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con apoyo cualitativo, utilizando registros operativos del cuatrimestre 2026, observación directa y consulta técnica al personal vinculado con las actividades de picking y packing.

El diagnóstico permitió analizar 66.153 registros o líneas de pedido, correspondientes a 15.066 órdenes únicas y 6.930 productos distintos. Asimismo, se identificó un tiempo promedio general de picking de 23 minutos por pedido y una tasa estimada de error del 20,0 %, calculada a partir de 3.308 errores registrados sobre 16.544 pedidos considerados para el análisis de incidencias. Estos resultados evidenciaron oportunidades de mejora relacionadas con la organización de productos, control de SKUs críticos, actualización de ubicaciones, reducción de reprocesos y fortalecimiento del seguimiento operativo.

Como parte de la propuesta, se aplicaron reglas de asociación para identificar relaciones entre productos estrella y candidatos de baja rotación dentro de canastas multi-ítem. Tras aplicar criterios de conteo conjunto, confianza y lift, se identificaron 202 reglas que pueden utilizarse para el análisis logístico. Además, se integró un modelo de clasificación mediante Random Forest para priorizar las recomendaciones. Asimismo, se desarrolló un prototipo interactivo en Google Colab y un panel de control (Dashboard) en Power BI para si visualizar los indicadores del procesos. Esta propuesta no contempla una implementación definitiva, sino una alternativa técnica para mejorar la toma de decisiones, reducir las distancias de transporte, minimizar los errores y aumentar la eficiencia operativa de la preparación de pedidos.

Palabras clave:

Picking; Inteligencia Artificial; Analítica de datos; Reglas de asociación; Centro de distribución automotriz.

ABSTRACT

This research aimed to propose the application of data analytics and artificial intelligence techniques to optimize the picking process in an automotive distribution center. This was achieved through demand analysis, operational product segmentation, and the identification of relationships between SKUs. The study used a quantitative approach qualitative support, utilizing operational records from the first four months of 2026, direct observation, and technical advices from employees involved in selection and packing activities.

The analysis comprised 66,153 data records or order items, corresponding to 15,066 different orders and 6,930 different products. An average order preparation time of 23 minutes and an estimated error rate of 20.0 % were determined, calculated from 3,308 errors recorded across 16,544 orders included in the incident analysis. These results highlighted opportunities for improvement related to product organization, control of critical SKUs, location updates, reduction of rework, and strengthening operational monitoring.

As part of the proposal, association rules were applied to identify relationships between star products and slow-moving candidates within multi-item baskets. After applying common counting, confidence, and lift criteria, 202 rules were identified that could be used for logistic analysis. A ranking model was also integrated Random Forest to prioritize recommendations. An interactive prototype in Google Colab and a dashboard in Power BI to visualize process indicators. The proposal does not envision a final implementation, but rather a technical alternative to improve decision-making, reduce routes and transportation, increase the operational efficiency , and strengthening the operational efficiency of order picking.

Keywords:

Order picking; Artificial Intelligence; Data analytics; Association rules; Automotive distribution center.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Antecedentes

En el contexto actual de la gestión logística, los centros de distribución se han convertido en elementos estratégicos para las organizaciones debido a su función dentro de la cadena de suministro y su impacto en la eficiencia operativa empresarial (Didarul, 2023). Estos establecimientos son fundamentales para que los productos lleguen a su destino, además garantizan el buen funcionamiento de las labores, desde el almacenamiento, el control de inventario, hasta la preparación de pedidos y el envío de productos, para así asegurar que se complazca las demandas del mercado y de esta manera poder tener un cliente contento. Como señala Council of Supply Chain Management Professionals, si se tiene una buena una gestión logística, no solo se trata de mover cajas, sino que también se liberan ciertos recursos, como la reducción de costos operativos, pero se mantiene el flujo constante de materiales e información, convirtiéndose así en un factor clave para la competitividad empresarial.

Dentro de las operaciones desarrolladas en un centro de distribución, el proceso de picking constituye una de las actividades más importantes y críticas, debido a que comprende la localización, selección y preparación de productos solicitados en un pedido (Flores & Gonzáles, 2021). Estas tareas se tienen que ver de manera directa en cuanto a los tiempos de despacho, precisión en la entrega y productividad operativa de la empresa. Según lo que menciona Rey (2021), el picking puede llegar a mostrar más del 50% de los costos operativos dentro de un almacén, en cuanto al tiempo que se necesite para realizar los desplazamientos, exploración de productos y verificación de pedidos. Es por eso que la optimización de este proceso se convierte en una prioridad dentro de la gestión logística moderna.

A pesar de su importancia, muchas organizaciones continúan ejecutando el picking mediante procedimientos manuales que dependen principalmente de la experiencia del personal operativo y de registros tradicionales de inventario. Esta situación genera diversos problemas relacionados con errores en la preparación de pedidos, selección incorrecta de productos, tiempos elevados de búsqueda, reprocesos y recorridos innecesarios dentro del almacén (Dávila et al., 2025). Además, cuando los productos no están organizados estratégicamente y hay falta de herramientas tecnológicas, resulta difícil encontrar los artículos

rápidamente, lo que perjudica considerablemente la eficiencia general. Según Khatib et al. (2024), los procesos logísticos manuales son más propensos a errores humanos y tienen dificultades para mantenerse al día cuando aumenta la demanda o las operaciones se vuelven más complejas.

Estos problemas son aún más evidentes en las empresas que venden autopartes, ya que manejan una enorme variedad de productos, códigos, marcas y referencias a diario. En este tipo de negocios, es frecuente encontrar piezas que, aunque físicamente similares, tienen especificaciones técnicas diferentes, lo que facilita los errores al preparar los pedidos. Asimismo, la gran cantidad de referencias y la rápida rotación de ciertas piezas dificultan enormemente la organización del centro de distribución. Como resultados, se tienen retrasos en los envíos, devoluciones, quejas de clientes y mayores costos operativos debido a la necesidad de rehacer pedidos y corregir errores (Arias et al., 2024).

Ante esta situación, la inteligencia artificial se ha convertido en una herramienta útil para mejorar la logística y las operaciones en las organizaciones. Mediante el análisis de datos, la clasificación, la predicción y la detección de patrones, la IA puede procesar grandes cantidades de información y ofrecer recomendaciones para ayudar a tomar mejores decisiones empresariales. En logística, estas tecnologías pueden ayudar a identificar qué productos se venden más rápido, detectar patrones de pedidos, optimizar dónde se almacenan los artículos en el almacén y reducir los tiempos de preparación mediante modelos de análisis inteligentes (Vega et al., 2026).

1.1.2. Contextualización del problema

El presente estudio se desarrolla en un centro de distribución perteneciente al sector comercial automotriz, dedicado al almacenamiento, control de inventarios, preparación y despacho de repuestos. Dentro de las operaciones logísticas ejecutadas diariamente, el proceso de picking constituye una de las actividades más relevantes, debido a que interviene directamente en la preparación de pedidos solicitados por clientes y áreas comerciales. Este proceso consiste en localizar los productos en el almacén, verificar códigos y referencias, seleccionar las cantidades correctas y preparar los pedidos para su posterior verificación y despacho.

En la actualidad, la preparación de pedidos combina el uso de herramientas tecnológicas con actividades manuales que dependen de la experiencia y conocimiento del personal operativo. Según la información levantada en la empresa, el área de preparación de pedidos

cuenta con tres operarios y gestiona aproximadamente 150 pedidos diarios. La localización de productos se apoya en el sistema y en dispositivos handheld; sin embargo, también requiere recorridos físicos dentro del almacén, validaciones visuales de códigos y revisión de referencias, especialmente cuando existen productos similares, ubicaciones desactualizadas o novedades durante la preparación de pedidos.

El análisis de los registros operativos evidencia la existencia de incidencias asociadas al proceso de picking. Durante el cuatrimestre 2026 se tomaron en cuenta 16.544 pedidos que fueron usados para el análisis de errores, de estos la cantidad de 3.308 mostró algunas incidencias que tenían que ver con la preparación de pedidos. Lo que viene a ser más o menos un error estimado del 20,0 %, gracias a esta situación se evidencia la necesidad de fortalecer los controles de selección, ubicación y verificación de productos. Generando que estas incidencias puedan tener reprocesos, reclamos, devoluciones y retrasos operativos, lo que a su vez afecta a la eficiencia del centro de distribución y la calidad del servicio al cliente.

De la misma manera, el tiempo promedio general que se registra en el proceso de picking fue de 23 minutos por pedido, con un tiempo bajo de 2 minutos y con un tiempo máximo de 45 minutos. Esta variación muestra algunas diferencias en la complejidad de las órdenes, número de ítems, ubicación de productos, recorridos internos y posibles problemas a lo largo de la búsqueda o validación de los SKUs. Por ende, el tiempo que se toma en cuenta para la preparación es una métrica importante que ayuda a la evaluación eficiente y operativa del proceso.

Los problemas que se presentaron tienen que ver con las diferentes causas operativas. Como primer punto, se dice que la empresa tiene gran variedad en cuanto a referencias, códigos, marcas y líneas de productos, lo que incrementa la complejidad del picking. Asimismo, varios de los repuestos tienen cierto parecido de forma físicas o códigos que se parecen, lo que puede llegar a generar ciertas confusiones en el proceso de selección. Entonces a esto se suma la dependencia de recorridos internos y verificaciones manuales, es así como se presenta la necesidad de tener las ubicaciones actualizadas en el sistema para evitar búsquedas prolongadas o correcciones posteriores.

Aunque la empresa tiene registros generales sobre pedidos, inventario, movimientos de productos y tiempos de picking, esta información no se está completamente desagregada por etapa del proceso, como búsqueda, recorrido, selección, validación o entrega a packing. De la misma forma, los errores no siempre están vinculados de forma detallada con cada SKU, causa

específica, operador o etapa de detección. Estas limitantes vienen a ser un problema que resulta difícil identificar con precisión los puntos críticos del proceso y establecer acciones correctivas basadas en evidencia detallada.

Es por eso que se dice que estas condiciones no solo perjudican a la zona de bodega, sino que también afecta al desempeño logístico general de la empresa. En el momento en el que se hacen pedidos con errores, se generan tareas adicionales en cuanto a revisión, corrección, reproceso o atención de reclamos. De la misma manera, cuando los tiempos de preparación llegan a incrementar, se produce una afección en la capacidad de despacho y la respuesta oportuna hacia los clientes. Entonces se dice que cada incidencia viene a ser un consumo adicional de tiempo, recursos operativos y esfuerzo del personal.

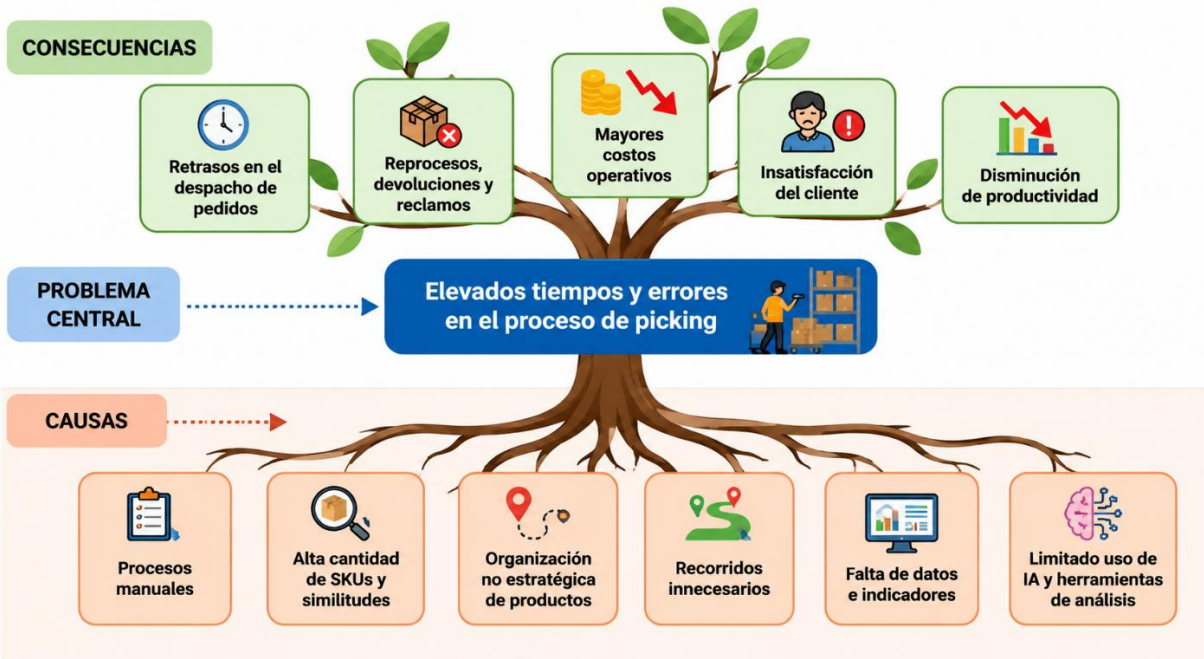
Frente a esta situación, es muy necesario que se aplique mecanismos que tengan que ver con inteligencia artificial y analítica de datos con los cuales se pueda aprovechar la información creada por la empresa para optimizar el proceso de picking. Al momento de utilizar los indicadores clave de rendimiento, dashboards, segmentación de productos y análisis de patrones se puede ayudar a identificar productos críticos, controlar tiempos y errores, además de organizar los SKUs de una forma más efectiva en donde se pueda fortalecer la toma de decisiones operativas dentro del centro de distribución.

1.1.3. Árbol de problemas

Para comprender a fondo la situación y analizar tanto las causas como las consecuencias de este problema, se crea un árbol de problemas centrado en el proceso de preparación de pedidos en el centro de distribución automotriz. Es una forma sencilla pero eficaz de visualizar, cómo todos esos puntos débiles operativos se conectan con los factores que los desencadenan y, lo que es igual de importante, cómo terminan afectando negativamente el rendimiento logístico general de la empresa.

Como se observa en la Figura 1, el problema central corresponde a los elevados tiempos y errores en el proceso de picking, situación que afecta directamente la eficiencia operativa del centro de distribución. Entre las principales causas identificadas se encuentran la ejecución de procesos manuales, la elevada cantidad de SKUs y similitud entre productos, la organización no estratégica de los repuestos, los recorridos innecesarios dentro del almacén, la falta de indicadores y análisis de datos, así como el limitado uso de herramientas de inteligencia artificial orientadas al análisis logístico.

Figura 1. *Árbol de problemas del proceso de picking en el centro de distribución automotriz*



Nota: Elaboración propia.

Asimismo, se puede mencionar que el árbol de problemas demuestra que estas deficiencias conllevan consecuencias como retrasos en los envíos, mayor retrabajo y devoluciones, mayores costos operativos, insatisfacción del cliente y menor productividad. En este contexto, identificar estas relaciones proporciona una base analítica para desarrollar propuestas que optimicen el proceso de preparación de pedidos mediante inteligencia artificial y herramientas de análisis de datos.

1.1.4. Formulación del problema

¿De qué manera la aplicación de técnicas de inteligencia artificial puede contribuir a la reducción de errores y tiempos en el proceso de picking de un centro de distribución del sector automotriz?

1.2. Justificación

La presente investigación surge de la necesidad de mejorar la eficiencia operativa en el proceso de picking dentro de un centro de distribución del sector automotriz, debido a que esta actividad representa uno de los procesos más críticos dentro de la gestión logística empresarial. En la actualidad, el realizar pedidos de manera manual produce errores al momento de seleccionar los productos, puede haber incluso retrasos en el despacho, además de reprocesos y dificultades en la localización de repuestos, lo que viene a afectar de forma directa a la productividad operativa y la satisfacción del cliente. Dentro de este aspecto es importante

mencionar que se necesita realizar un análisis en cuanto a alternativas tecnológicas que puedan optimizar las operaciones logísticas para así lograr fortalecer la capacidad de respuesta de la empresa frente a las exigencias del mercado.

Si se lo ve desde el enfoque práctico, con este proyecto se puede identificar los puntos débiles más importantes en el proceso de preparación de pedidos y a definir estrategias prácticas para reducir tanto el tiempo como los costosos errores. Al incorporar herramientas como la inteligencia artificial, el análisis de datos y la inteligencia empresarial, la empresa podrá supervisar de cerca las métricas logísticas, detectar patrones en el desarrollo de los procesos y replantear la organización de los productos en el centro de distribución. Por otro lado, la puesta en desarrollo de paneles de control e indicadores clave de rendimiento (KPI) facilitará el análisis de las operaciones y la toma de decisiones basadas en información real y actualizada.

En proyecto, este estudio manifiesta una oportunidad real para mejorar el centro de distribución automotriz mediante la implementación de herramientas tecnológicas que impulsan la eficiencia operativa. Disminuir los errores de picking y el tiempo de preparación de pedidos podría convertirse en menos devoluciones, menos retrabajos y menos quejas de los clientes, lo cual impacta directamente en los resultados financieros. Al mismo tiempo, aumenta significativamente la productividad del equipo y mejora la calidad general del servicio que ofrece la empresa.

En cuanto al punto de vista teórico, este estudio permitirá comprender mejor cómo la inteligencia artificial contribuye a optimizar la logística, especialmente en lo que respecta a la preparación de pedidos y el control de inventario. Asimismo, profundizará en nuestro conocimiento sobre la aplicación de análisis predictivos y herramientas de inteligencia empresarial en entornos operativos y comerciales reales dentro de la industria automotriz.

Por último, este proyecto tiene también importancia metodológica, dado que se basará en datos operativos reales directamente del proceso de preparación de pedidos, analizando aspectos como el tiempo, tasas de error, la frecuencia con la que se selecciona cada SKU, la rotación de productos y las repeticiones de trabajo, este enfoque ayudará a construir un marco de análisis basado en datos que otros estudios podrán utilizar como referencia en el futuro, especialmente en lo que respecta a la logística, la inteligencia artificial y la optimización de las operaciones comerciales.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Proponer la aplicación de técnicas de analítica de datos e inteligencia artificial para optimizar el proceso de picking en un centro de distribución del sector automotriz, mediante el diagnóstico del proceso actual, el análisis de la demanda, la segmentación operativa de productos y la identificación de relaciones entre SKUs que sustenten mejoras orientadas a reducir errores y tiempos operativos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el proceso actual de picking y la información operativa disponible en el centro de distribución, mediante el análisis de pedidos, SKUs, tiempos, errores e incidencias registradas.
- Analizar el comportamiento de la demanda y la segmentación operativa de productos, teniendo en cuenta la frecuencia de pedidos, productos estrella, productos de baja rotación y canastas multi-ítem.
- Aplicar técnicas de analítica de datos e inteligencia artificial, como reglas de asociación y modelo de ranking mediante Random Forest, para identificar relaciones entre productos y priorizar SKUs con utilidad operativa para el picking.
- Diseñar una propuesta que ayude a mejorar el proceso de picking, basada en reubicación estratégica de productos, criterios de slotting, indicadores KPI, dashboard operativo y gestión de novedades.

1.4. Variables o categorías de análisis

En este estudio se toman en cuenta algunas categorías de análisis que tienen que ver con la aplicación analítica de datos e inteligencia artificial al proceso de picking. Estas variables hacen posible que se estudie cómo se comportan los pedidos, la frecuencia de demanda por SKU, la segmentación operativa de productos, los tiempos de preparación, los errores registrados y las oportunidades de mejora en la organización física del inventario.

Las categorías de análisis consideradas son las siguientes:

- Proceso actual de picking.

- Comportamiento de la demanda.
- Segmentación operativa de productos.
- Productos estrella y candidatos de baja rotación.
- Canastas multi-ítem y relaciones entre SKUs.
- Tiempos de picking.
- Errores, reclamos, devoluciones y reprocesos.
- Organización y ubicación de productos.
- Aplicación de analítica de datos e inteligencia artificial.
- Propuesta de mejora operativa.

1.4.1. Indicadores de análisis

Para el desarrollo de la investigación se considerarán los siguientes indicadores operativos:

- Número de pedidos procesados.
- Número de líneas de pedido o transacciones.
- Número de SKUs únicos.
- Frecuencia de picking por SKU.
- Tamaño de canasta por orden.
- Cantidad de órdenes de un solo ítem y órdenes multi-ítem.
- Distribución de productos por segmento operativo.
- Cantidad de productos estrella.
- Número de productos candidatos de baja rotación.
- Tiempo promedio, mínimo y máximo de picking por pedido.
- Tiempo promedio de picking por segmento.
- Porcentaje de reclamos, devoluciones y reprocesos.

- Métricas de reglas de asociación: conteo conjunto, soporte, confianza y lift.
- Indicadores del modelo Random Forest: AUC, precisión, recall e importancia de variables.
- Criterios de reubicación y control de productos críticos.

1.5. Alcance de la investigación

La presente investigación tiene un alcance descriptivo y propositivo, debido a que se enfoca en analizar el funcionamiento actual del proceso de picking dentro de un centro de distribución del sector automotriz, identificando tiempos de preparación, errores operativos, comportamiento de la demanda, segmentación de productos y factores que afectan la eficiencia logística. De la misma manera, esta investigación analiza la información operativa que se encuentra disponible en donde se pueda establecer oportunidades que ayuden a mejorar el uso de analítica de datos e inteligencia artificial aplicada.

Es decir, la propuesta está orientada a diseñar estrategias que sirvan para optimizar las reglas de asociación, modelo de ranking mediante Random Forest, criterios de slotting, indicadores KPI, dashboard operativo y reubicación estratégica de productos. Sin embargo, esta tesis no toma en cuenta el desarrollo de un software empresarial propio ni tampoco la implementación completa de un sistema de inteligencia artificial dentro de la empresa, sino que se enfoca más en el diseño de una propuesta analítica aplicable al entorno logístico estudiado.

1.6. Delimitación del estudio

La investigación se desarrollará en un centro de distribución perteneciente al sector comercial automotriz, específicamente en el área relacionada con el proceso de picking y preparación de pedidos de repuestos, este proyecto se focaliza principalmente en las actividades operativas que estén relacionadas con la localización, selección, verificación y despacho de productos dentro del almacén.

El marco temporal abarca el periodo durante el cual se lleva a cabo la investigación y se analizan los datos operativos proporcionados por la empresa. Asimismo, el tema se centra en la aplicación de inteligencia artificial, análisis de datos y herramientas de Business Intelligence para reducir errores y tiempo en el proceso de preparación de pedidos, sin abordar otras áreas logísticas como el transporte, las compras o la distribución externa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos

Las investigaciones desarrolladas durante los últimos años evidencian un creciente interés por la optimización de los procesos logísticos mediante la incorporación de tecnologías digitales y herramientas inteligentes. En términos generales, los estudios coinciden en que los centros de distribución desempeñan un papel estratégico dentro de la cadena de suministro y que el proceso de picking constituye una de las actividades más críticas debido a su influencia sobre los tiempos de preparación de pedidos, la exactitud de las entregas, los costos operativos y la satisfacción del cliente. Asimismo, se reconoce que factores como la ubicación de productos, la organización del almacén y la planificación de recorridos tienen una incidencia directa sobre la eficiencia operativa de las actividades de picking (Castella et al., 2023) (Rymarczyk et al., 2024).

En relación con las técnicas empleadas para mejorar el desempeño logístico, la literatura reciente muestra una tendencia hacia la utilización de tecnologías asociadas a la Industria 4.0, entre las que destacan la inteligencia artificial, el Internet de las Cosas (IoT), Big Data, Business Intelligence, sistemas de apoyo a la decisión y herramientas de análisis predictivo. Estas tecnologías han sido utilizadas para optimizar la gestión de inventarios, mejorar la organización de almacenes, automatizar procesos de análisis de información y fortalecer la toma de decisiones basada en datos. Los resultados obtenidos en diferentes contextos empresariales demuestran que la integración de estas herramientas contribuye significativamente al incremento de la productividad y la eficiencia de las operaciones logísticas (Ruiz, 2023) (Calatayud et al., 2022).

Respecto a las variables analizadas en los estudios revisados, se observa una marcada orientación hacia indicadores relacionados con eficiencia logística, productividad operativa, tiempos de preparación de pedidos, gestión de inventarios, exactitud en la preparación de órdenes, optimización de recursos y desempeño de la cadena de suministro. Asimismo, varios autores han incorporado variables vinculadas con la transformación digital, adopción tecnológica y uso de inteligencia artificial como elementos capaces de mejorar el control operativo y la competitividad empresarial. Estos enfoques reflejan la importancia creciente de los datos y la analítica avanzada como soporte para la gestión logística moderna (Ruiz, 2023) (Valverde, 2024).

No obstante, a pesar de los avances identificados en la literatura, todavía existen vacíos de investigación relacionados con la aplicación específica de técnicas de inteligencia artificial en procesos de picking desarrollados en centros de distribución comerciales. Gran parte de los estudios se orientan hacia modelos generales de logística inteligente, gestión integral de almacenes o transformación digital de la cadena de suministro, mientras que son limitadas las investigaciones enfocadas en el análisis detallado de errores operativos, tiempos de preparación y comportamiento de los productos dentro del proceso de picking. De igual manera, se evidencia una escasa producción científica aplicada al contexto ecuatoriano, particularmente en empresas dedicadas a la comercialización y distribución de repuestos automotrices (Valverde, 2024) (Salazar, 2025).

Dentro de este ámbito, este estudio tiene gran diferencia en cuanto a otras investigaciones ya que se centra especialmente en el análisis del proceso de picking dentro de un centro de distribución del sector automotriz. A diferencia de algunos estudios que se centran en el diseño de almacenes inteligentes o a la transformación digital de la logística en términos generales, es por eso que esta tesis usará información operativa real que tenga que ver con pedidos, tiempos de preparación, errores de picking y comportamiento de inventarios para identificar oportunidades de mejora. También, se considera incorporar técnicas de inteligencia artificial, analítica de datos, indicadores KPI y herramientas de Business Intelligence como mecanismos de apoyo prácticos para reducir errores y optimizar el tiempo de las operaciones diarias. Todo esto tiene como objetivo impulsar significativamente la eficiencia logística, aquí mismo, en el contexto empresarial ecuatoriano.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Logística y cadena de suministro

La logística representa una disciplina fundamental en lo interno de la gestión empresarial actual debido a su influencia sobre el flujo eficiente de materiales, información y recursos a lo largo de la cadena de suministro. Su principal objetivo es asegurar que los productos seleccionados de manera correcta lleguen al lugar adecuado, con la cantidad requerida y en el momento pertinente, para así lograr contribuir el cumplimiento de los objetivos operativos y estratégicos de la organización (Bonilla et al., 2025).

Los mercados evolucionan constantemente, la competencia crece y los clientes exigen cada vez más, todo esto ha impulsado la transformación de la logística. Ya que no se trata solo de transporte y almacenamiento, si no que ahora es un enfoque integral para la gestión de

procesos. Hoy en día, la logística abarca la planificación de la demanda, la gestión de inventarios, el almacenamiento, la preparación de pedidos, el transporte, la distribución y el servicio al cliente, todo ello integrado en una estructura coordinada conocida como cadena de suministro (Apolinario et al., 2025).

La cadena de suministro es, básicamente, toda la red de organizaciones, recursos, actividades y procesos que transforman las materias primas en productos terminados y los hacen llegar al cliente final. Su adecuada gestión permite optimizar recursos, reducir costos operativos, incrementar la productividad y mejorar los niveles de servicio ofrecidos por las empresas (Didarul, 2023).

Dentro de este contexto, la coordinación eficiente entre los diferentes eslabones de la cadena de suministro resulta indispensable para garantizar la continuidad operativa y la competitividad empresarial. La integración de información entre proveedores, centros de distribución, operadores logísticos y clientes permite mejorar la visibilidad de las operaciones y facilita la toma de decisiones basada en datos.

El creciente uso de tecnologías digitales ha creado nuevas oportunidades para optimizar los procesos logísticos, algunos mecanismos como Business Intelligence, Big Data, Internet de las Cosas e Inteligencia Artificial facilitan a las empresas analizar grandes cantidades de información operativa, detectar patrones de comportamiento y generar recomendaciones para mejorar el rendimiento de la cadena de suministro (Ruiz, 2023). Como resultado, las organizaciones pueden responder con mayor rapidez y precisión a los cambios en la demanda y a las cambiantes condiciones del mercado.

2.2.2. Centros de distribución

Los centros de distribución constituyen instalaciones estratégicas dentro de la cadena de suministro debido a que funcionan como puntos de recepción, almacenamiento, organización y despacho de productos hacia clientes, sucursales o puntos de venta. Su principal objetivo consiste en garantizar la disponibilidad de mercancías y facilitar una distribución eficiente que permita satisfacer los requerimientos del mercado (Barona, 2024).

Al contrario de los almacenes tradicionales, que se limitan a guardar mercancía, los centros de distribución son completamente distintos. Integran todo tipo de procesos como recepción, clasificación, control de inventario, preparación de pedidos, selección de artículos

y envío. Toda esta actividad garantiza un flujo constante de productos y reduce drásticamente el tiempo de respuesta ante las necesidades de los clientes (Barona, 2024).

Un centro de distribución no funciona bien por casualidad, su éxito depende de algunos factores clave como la distribución del almacén, la ubicación de los productos en los estantes, tener información actualizada al instante y garantizar que cada paso operativo se desarrolle con la fluidez necesaria, además, optimizar estos elementos ayuda a reducir los desplazamientos innecesarios, minimizar los errores y aprovechar mejor los recursos.

En algunas zonas automotrices, los centros de distribución toman una importancia particular ya que existe gran demanda al momento de administrar productos con ciertas referencias, es decir, la existencia de miles de códigos de repuestos, marcas y modelos exige mecanismos de control que permitan localizar productos con rapidez y precisión, evitando errores durante la preparación de pedidos (Zhang et al., 2021). Las funciones principales desarrolladas dentro de un centro de distribución se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. *Funciones principales de un centro de distribución*

Función	Descripción	Objetivo operativo
Recepción	Ingreso y verificación de productos recibidos	Garantizar la conformidad de la mercancía
Almacenamiento	Ubicación física de productos en posiciones asignadas	Mantener disponibilidad y control
Gestión de inventarios	Registro y monitoreo de existencias	Controlar niveles de stock
Picking	Selección y preparación de productos solicitados	Atender pedidos de manera eficiente
Consolidación	Agrupación de productos por pedido	Facilitar el despacho
Despacho	Entrega de pedidos preparados	Cumplir tiempos de distribución

Fuente: Información obtenida de (Zhang et al., 2021).

Las actividades descritas permiten comprender la relevancia del proceso de picking dentro de la operación general del centro de distribución, debido a que representa el vínculo directo entre el inventario disponible y la atención efectiva de los pedidos solicitados por los clientes.

2.2.3. Gestión de inventarios

Por otro lado, se dice que la gestión de inventarios es el conjunto de procedimientos que se enfoca en planificar, controlar y supervisar si hay la existencia de productos dentro de una organización. Con el objetivo de mantener niveles adecuados de inventario los cuales permitan satisfacer la demanda sin generar excesos de stock ni faltantes que afecten la continuidad operativa (Valenzuela et al., 2024).

Los inventarios representan uno de los activos más importantes dentro de las empresas comerciales e industriales, razón por la cual su administración eficiente tiene una influencia directa sobre los costos operativos, la rentabilidad y el nivel de servicio ofrecido a los clientes. Al momento de tener mala gestión se llega a ocasionar pérdidas económicas que están relacionadas con productos obsoletos, deterioro de mercancías, exceso de almacenamiento o quiebres de stock (Valenzuela et al., 2024).

En los centros de distribución, la gestión de inventario ayuda a localizar productos rápidamente y mejora la precisión en la preparación de pedidos. Contar con información actualizada sobre el stock optimiza la planificación operativa y reduce los errores en la selección de productos (Rey, 2021).

Hay varios procedimientos para gestionar el inventario, como (First In, First Out), FEFO (First Expired, First Out) y la clasificación ABC. Estos mecanismos ayudan a estipular criterios de control que se basan en la rotación, el valor económico o las fechas de caducidad, permitiendo así un uso más efectivo de los recursos disponibles (Mendes et al., 2020).

En años recientes, la analítica de datos ha reconfortado de manera significativa la gestión de inventarios. El uso de sistemas ERP, herramientas de Business Intelligence e inteligencia artificial permite monitorear comportamientos de consumo, identificar productos de alta rotación y generar proyecciones de demanda que facilitan la toma de decisiones estratégicas (Jenkins, 2023). La Tabla 2 presenta algunas de las principales ventajas asociadas a una adecuada gestión de inventarios.

Tabla 2. *Beneficios de una gestión eficiente de inventarios*

Beneficio	Impacto operativo	Impacto empresarial
Reducción de faltantes	Mayor disponibilidad de productos	Mejora del servicio al cliente
Control de existencias	Menor riesgo de pérdidas	Optimización de recursos

Identificación de rotación	Mejor planificación operativa	Incremento de rentabilidad
Reducción de sobreinventario	Menores costos de almacenamiento	Mayor eficiencia financiera
Información actualizada	Mejor toma de decisiones	Incremento de competitividad

Fuente: Información obtenida de (Jenkins, 2023).

2.2.4. Proceso de picking

El picking constituye una de las actividades más importantes dentro de la operación de un centro de distribución debido a que se encarga de localizar, seleccionar y preparar los productos que conformarán un pedido. Este proceso representa el punto de conexión entre la gestión de inventarios y la entrega de mercancías al cliente, razón por la cual influye directamente sobre la calidad del servicio y la eficiencia operativa (Cabrera, 2022).

Giraldo & Vargas (2024), señalan que el picking puede representar la actividad de mayor consumo de tiempo y recursos dentro de un almacén, llegando incluso a concentrar una parte significativa de los costos operativos relacionados con la preparación de pedidos. Por esta razón, la optimización de este proceso constituye una prioridad para las organizaciones que buscan incrementar su productividad y reducir errores logísticos.

El desarrollo del picking involucra una secuencia de actividades que inicia con la recepción de la orden de pedido y finaliza con la entrega de los productos preparados al área de despacho. A lo largo de este proceso, los operarios deben localizar los artículos, desplazarse por el almacén, comprobar los códigos y las cantidades, seleccionar los productos y asegurarse de que el pedido esté completo (Cabrera, 2022).

A continuación, en la Figura 2 se muestran las etapas generales que integran el proceso de picking dentro de un centro de distribución, en donde las actividades se manejan de forma secuencial y requieren coordinación entre sistemas de información, inventarios y personal operativo garantizando así la exactitud de los pedidos.

Figura 2. *Etapas generales del proceso de picking*

Nota: Elaboración propia en base a información de (Casco et al., 2021).

La eficiencia del picking depende de factores como la distribución física del almacén, la ubicación estratégica de productos, la frecuencia de rotación de los artículos, la disponibilidad de información actualizada y la experiencia de los operadores. Cuando estos elementos no se encuentran adecuadamente gestionados pueden generarse errores en la preparación de pedidos, tiempos elevados de búsqueda, recorridos innecesarios y reprocesos operativos.

2.2.5. Tipos de picking

El picking puede desarrollarse mediante diferentes modalidades, las cuales se seleccionan de acuerdo con el volumen de pedidos, la cantidad de productos, la distribución física del almacén, la tecnología disponible y el nivel de rotación de los artículos. La elección del tipo de picking influye directamente en la productividad del almacén, debido a que determina la forma en que los operadores localizan, seleccionan y agrupan los productos solicitados (Sango, 2021).

En los centros de distribución, una adecuada selección del sistema de picking permite reducir desplazamientos innecesarios, mejorar la exactitud en la preparación de pedidos y optimizar el uso de los recursos disponibles. Por el contrario, una modalidad inadecuada puede ocasionar tiempos elevados, errores de selección, congestión operativa y reprocesos (Ueno y Hirata, 2024). La Tabla 3 describe las principales modalidades de picking utilizadas en la gestión logística.

Tabla 3. *Modalidades de picking y sus características*

Tipo de picking	Característica principal	Aplicación operativa
Picking por pedido	El operador prepara un pedido completo a la vez	Útil en operaciones con bajo volumen o pedidos personalizados
Picking por lotes	Se agrupan varios pedidos para seleccionar productos en una misma ruta	Reduce recorridos cuando varios pedidos comparten productos similares
Picking por zonas	El almacén se divide en áreas y cada operador trabaja en una zona específica	Adecuado para almacenes grandes o con alta variedad de productos
Picking por olas	Los pedidos se agrupan por horarios, rutas, prioridad o destino	Facilita la planificación del despacho y la coordinación operativa
Picking automatizado	Utiliza tecnologías como lectores, sistemas de voz, sensores o equipos automatizados	Mejora la precisión y reduce la dependencia del trabajo manual

Fuente: Información obtenida de (Ueno y Hirata, 2024).

Las empresas no tienen por qué limitarse a un solo método de preparación de pedidos, ya que, muchas combinan diferentes enfoques según lo que mejor se adapte a sus operaciones diarias. Tomando como ejemplo un centro de distribución, este podría utilizar la preparación de pedidos por zonas para mantener el trabajo interno organizado, a la vez que incorpora la preparación de pedidos por lotes para coordinar los calendarios de envío. Este tipo de flexibilidad permite que las operaciones se adapten a la evolución de la demanda y a las particularidades de los productos almacenados.

2.2.6. Errores operativos en picking

Los errores operativos en picking ocurren cuando hay una discrepancia entre lo que se solicita en el pedido y lo que realmente se encuentra en el estante. Estos fallos pueden surgir en casi cualquier etapa, al buscar un artículo, al tomarlo del estante, al contar las piezas, al verificar las cantidades o al preparar todo para el envío. Y siempre que ocurren, afectan la precisión del pedido y perjudican seriamente la calidad general del servicio logístico (Mar et al., 2021).

Algunos de los errores más comunes incluyen elegir el producto equivocado, enviar demasiados o muy pocos artículos, omitir artículos por completo en un pedido, mezclar piezas que parecen casi idénticas o realizar envíos con información faltante o incompleta. Estas fallas

pueden originarse por factores humanos, deficiencias en la organización del almacén, falta de señalización, errores en los registros de inventario o ausencia de herramientas tecnológicas de apoyo (Seredyuk, 2024).

En operaciones con alta cantidad de referencias, los errores de picking pueden incrementarse debido a la similitud entre códigos, marcas, tamaños, empaques o características físicas de los productos. Esta situación exige mayores niveles de verificación durante la preparación de pedidos, lo que puede aumentar el tiempo operativo y reducir la productividad del personal (Helm et al., 2024).

Desde el punto de vista logístico, los errores en picking generan consecuencias como reprocesos, devoluciones, reclamos de clientes, retrasos en el despacho y aumento de costos operativos. Además, afectan la confiabilidad del sistema de distribución, debido a que un pedido incorrecto no solo implica corregir la operación interna, sino también gestionar el impacto generado en el cliente final (Castro et al., 2026).

La reducción de errores en picking requiere una combinación de buenas prácticas operativas, control de inventarios, capacitación del personal, organización estratégica de productos y uso de tecnologías de apoyo. Dentro de este ámbito, los sistemas de información, los indicadores logísticos y los mecanismos de análisis de datos ayudan a identificar patrones de error y por ende instaurar acciones correctivas que se orienten a mejoras en la exactitud del proceso (Seredyuk, 2024).

2.2.7. Indicadores KPI logísticos

Los indicadores fundamentales de desempeño, conocidos como KPI por sus siglas en inglés, son mecanismos esenciales para supervisar el desempeño de los procesos logísticos y el cumplimiento de sus objetivos operativos. En la gestión de almacenes y centros de distribución, estas métricas ofrecen una visión clara de lo que realmente importa: productividad, precisión, tiempos de respuesta, costes, niveles de inventario y la calidad general del servicio prestado (Murillo y Taiz, 2024).

Cuando se utilizan KPI logísticos simplifican de manera significativa la toma de decisiones al convertir los datos operativos brutos en información medible y útil. De esta forma, las organizaciones pueden detectar desviaciones, comparar los resultados entre sí, identificar tendencias emergentes e implementar planes de mejora que impulsen el progreso. Sin indicadores definidos, la gestión logística tiende a depender de percepciones operativas, lo que

dificulta la identificación precisa de problemas y oportunidades de optimización (Custodio y Martínez, 2021).

En el proceso de picking, los KPI permiten evaluar la eficiencia con la que se preparan los pedidos, la exactitud de las entregas y el nivel de productividad del personal o del sistema operativo (Murillo y Taiz, 2024). La Tabla 4 integra indicadores utilizados para controlar el desempeño logístico en actividades de almacenamiento y preparación de pedidos.

Tabla 4. *Indicadores KPI aplicables a procesos logísticos y de picking*

Indicador KPI	Aspecto que mide	Utilidad operativa
Tiempo promedio de picking	Duración de la preparación de pedidos	Identifica demoras y oportunidades de reducción de tiempos
Exactitud de pedidos	Pedidos preparados correctamente	Evalúa la calidad del proceso de preparación
Tasa de errores de picking	Frecuencia de errores en productos o cantidades	Permite detectar fallas recurrentes en la operación
Pedidos preparados por operador	Productividad del personal operativo	Facilita el análisis del rendimiento laboral
Rotación de productos	Frecuencia de salida de los artículos	Apoya decisiones sobre ubicación y reposición
Nivel de servicio	Cumplimiento de pedidos en tiempo y forma	Relaciona la operación logística con la satisfacción del cliente
Reprocesos operativos	Correcciones necesarias después del picking	Mide ineficiencias generadas por errores internos

Fuente: Información obtenida de (Custodio y Martínez, 2021).

Elegir los KPI adecuados depende fundamentalmente de lo que se quiera monitorizar, por ejemplo, en logística, no basta con recopilar datos, ya que, hay que transformarlos en información útil que ayude a gestionar mejor las operaciones. Esto significa que los indicadores deben ser claros, medibles, comparables y estar orientados a facilitar la toma de decisiones más acertadas. Al combinar estos KPI con herramientas sólidas de visualización y análisis, el seguimiento del rendimiento en tiempo real resulta mucho más sencillo, y además se pueden detectar los problemas operativos a tiempo, antes de que se conviertan en problemas mayores.

2.2.8. Inteligencia artificial aplicada a logística

La inteligencia artificial se refiere al conjunto de técnicas y sistemas capaces de analizar información, reconocer patrones, aprender de datos y apoyar la toma de decisiones en diferentes contextos. En el ámbito logístico, su aplicación ha adquirido relevancia debido al crecimiento del volumen de datos generados por las operaciones de almacenamiento, transporte, inventario, distribución y atención de pedidos (Villagomez, 2025).

La logística moderna requiere decisiones cada vez más rápidas y precisas. Por esta razón, la inteligencia artificial permite transformar datos operativos en información estratégica mediante procesos de clasificación, predicción, optimización y detección de patrones. Estas capacidades resultan útiles para anticipar la demanda, organizar inventarios, mejorar rutas, identificar productos de alta rotación y reducir errores en procesos repetitivos (Boorová y Mijušković, 2024).

En los almacenes y centros de distribución, la inteligencia artificial puede aplicarse al análisis de pedidos históricos, comportamiento de productos, frecuencia de errores, tiempos de operación y distribución de artículos dentro del espacio físico. A partir de estos datos, es posible generar recomendaciones para mejorar la ubicación de productos, priorizar artículos de mayor rotación, identificar puntos críticos del proceso y apoyar decisiones relacionadas con la planificación operativa (Villagomez, 2025).

Algunas de las técnicas más utilizadas en logística incluyen modelos predictivos, que ayudan a pronosticar lo que probablemente sucederá a continuación, es decir, la clasificación, que organiza los datos en grupos significativos según características específicas, el agrupamiento, que identifica conjuntos naturales entre productos o pedidos que tienden a comportarse de manera similar y las reglas de asociación, que descubren las combinaciones frecuentes de artículos que los clientes suelen comprar juntos. Estas herramientas no pretenden reemplazar la gestión operativa diaria, sino que brindan a las organizaciones una ventaja competitiva a la hora de analizar situaciones y tomar decisiones más acertadas (Boorová y Mijušković, 2024).

También se dice que la inteligencia artificial se la puede incluir con mecanismos de Business Intelligence, dashboards e indicadores KPI, ya que estas soluciones permiten visualizar lo que realmente importa de forma clara y oportuna. Al combinar estas herramientas, el seguimiento de los procesos logísticos se vuelve mucho más sencillo, porque se pueden

detectar problemas recurrentes con mayor rapidez y comprobar si los esfuerzos de mejora están dando resultados (Yaranga y Trelles, 2025).

En el plano operativos, la integración de inteligencia artificial en logística marca una diferencia real, ya que aumenta la eficiencia, disminuye tiempos, minimiza errores, optimiza el uso de los recursos disponibles y mejora la capacidad de respuesta frente a la demanda. Sin embargo, el verdadero valor reside en la capacidad de transformar los datos existentes en decisiones más inteligentes y fundamentadas, orientando las operaciones hacia un enfoque más preciso, con mayor visión de futuro y, en definitiva, más competitivo (Villagomez, 2025).

2.2.9. Analítica de datos en las operaciones logísticas

Por otro lado, la analítica de datos en las operaciones logísticas tiene que ver con el uso sistemático de información operativa esto con el fin de comprender, medir y mejorar el desempeño de los procesos que constituyen la cadena de suministro. En cuanto a la logística, los datos vienen de diversas fuentes, como pedidos, inventarios, movimientos de almacén, tiempos de operación, despachos, devoluciones, reclamos y registros de productividad. Si es que estos datos se llegan a tratar de forma adecuada se convierte en una fuente de ayuda para identificar patrones, tendencias, desviaciones y oportunidades de mejora (Salinas y Lesmes, 2024).

La importancia en la analítica de datos esta relacionada con su capacidad para hacer que los registros operativos sean información útil dentro de la toma de decisiones. Las organizaciones pueden evaluar el comportamiento real de usando los indicadores cuantificables, en lugar de solo basarse en la experiencia o percepción del personal. Esto permite determinar, por ejemplo, qué productos tienen mayor rotación, qué actividades consumen más tiempo, dónde se concentran los errores y cuáles son los puntos críticos dentro del flujo logístico (Sotelo y Meléndez, 2025).

En las operaciones de almacenamiento y preparación de pedidos, la analítica de datos contribuye a mejorar la planificación, organización y control de los recursos. Su aplicación permite analizar la frecuencia de salida de productos, estimar necesidades de reposición, evaluar tiempos de búsqueda, medir la exactitud de los pedidos y detectar ineficiencias relacionadas con recorridos, ubicaciones o cargas de trabajo. De esta forma, los datos se convierten en una herramienta de apoyo para incrementar la eficiencia operativa y reducir pérdidas asociadas a errores o reprocesos (Salinas y Lesmes, 2024).

La analítica de datos puede desarrollarse en distintos niveles. La analítica descriptiva permite conocer qué ha ocurrido en la operación; la analítica diagnóstica ayuda a comprender por qué ocurrió determinado comportamiento; la analítica predictiva permite estimar posibles resultados futuros; y la analítica prescriptiva orienta decisiones sobre qué acciones podrían ejecutarse para mejorar el desempeño. Estas fases se complementan de alguna forma ya que se pueden aplicar gradualmente de acuerdo con la madurez tecnológica y la disponibilidad de información de cada organización (Sotelo y Meléndez, 2025).

En el panorama logístico actual, la analítica de datos va de la mano con los mecanismos de inteligencia artificial, Business Intelligence y visualización de indicadores. Integrar todos estos elementos permite supervisar las operaciones en tiempo real, detectar patrones recurrentes, anticipar posibles problemas antes de que se agraven y desarrollar planes de mejora realmente efectivos. Es por eso que, el análisis de datos se ha convertido en un punto clave, ya que es el camino hacia modelos logísticos más precisos, eficientes y basados en datos reales, en lugar de conjeturas (Vega y Flores, 2026).

2.2.10. Técnicas de inteligencia artificial aplicables

La inteligencia artificial aplicada a la logística reúne una variedad de técnicas que le permiten profundizar en la información, detectar patrones y respaldar la toma de decisiones en todo tipo de procesos operativos. Lo que lo hace tan útil es su capacidad para manejar cantidades masivas de datos y convertirlos en conocimientos prácticos que hacen que la planificación, el control y la optimización de actividades como el almacenamiento, la gestión de inventario, el transporte, la distribución y la preparación de pedidos parezcan mucho más factibles (Espinoza, 2024).

En los procesos logísticos, las diferentes técnicas de inteligencia artificial pueden utilizarse para categorizar productos, predecir demanda, identificar agrupaciones de artículos, reconocer relaciones entre pedidos y optimizar recursos. Cada técnica responde a una finalidad específica y su aplicación depende del tipo de datos disponibles, del problema operativo que se desea resolver y del nivel de madurez tecnológica de la organización (Sánchez, 2025).

Las principales técnicas de inteligencia artificial aplicables en entornos logísticos se organizan en la Tabla 5.

Tabla 5. *Técnicas de inteligencia artificial aplicables en logística*

Técnica	Propósito principal	Aplicación logística
Clasificación	Asignar datos a categorías definidas	Identificar tipos de productos, pedidos o incidencias operativas
Predicción	Estimar comportamientos futuros	Proyectar demanda, tiempos de operación o frecuencia de pedidos
Clustering	Agrupar elementos con características similares	Segmentar productos, clientes, pedidos o zonas de almacenamiento
Reglas de asociación	Detectar relaciones frecuentes entre elementos	Identificar productos solicitados conjuntamente
Optimización	Seleccionar la mejor alternativa posible	Mejorar rutas, ubicaciones, asignación de recursos o tiempos operativos

Fuente: Información obtenida de (Sánchez, 2025).

La clasificación permite organizar información en categorías previamente definidas. En logística, esta técnica puede aplicarse para diferenciar productos según su rotación, clasificar pedidos por nivel de prioridad, identificar tipos de errores operativos o segmentar incidencias según su frecuencia. Su utilidad se encuentra en la posibilidad de ordenar datos complejos y facilitar decisiones basadas en criterios definidos (Espinoza, 2024).

La predicción consiste en analizar lo sucedido en el pasado para prever lo que vendrá. Situándonos en las operaciones logísticas, esto equivale anticiparse a las fluctuaciones de la demanda, reconocer los productos con mayor probabilidad de agotarse, estimar el tiempo de preparación de los pedidos y proyectar el inventario necesario. Con estimaciones más precisas, las organizaciones pueden planificar sus recursos de manera más eficiente y reducir considerablemente la incertidumbre en sus operaciones diarias (Cevallos y Jacho, 2024).

El agrupamiento al cual se lo conoce como clustering, sirve para que se puedan identificar algunas agrupaciones con elementos de iguales características sin tener que ir a categorías anteriores. En la logística este método también se puede poner para juntar productos según la frecuencia de salida, similitud de comportamiento, volumen de pedidos o ubicación requerida dentro del almacén. Es muy importante realizar este tipo de análisis, ya que, ayuda a mantener organizado el espacio físico de mejor manera y por ende resulta más fácil la toma de decisiones sobre almacenamiento (Singh y Singh, 2025).

Las normas que tienen las agrupaciones dan paso a que se pueda ver cuáles son las relaciones más frecuentes entre variables en todo el conjunto de datos. En general en la parte logística, se usan también para ver los productos que de vez en cuando se solicitan en conjunto, patrones de compra o combinaciones repetitivas dentro de los pedidos. Al final estos datos llegan a ser un apoyo en la toma de decisiones que tengan que ver con la ubicación cercana de productos, preparación de pedidos y organización de inventarios (Cevallos y Jacho, 2024).

El objetivo de la optimización es ver si esta es la mejor alternativa en frente del conjunto de restricciones y objetivos. En operaciones logísticas, puede aplicarse para reducir recorridos, mejorar rutas internas, asignar recursos, definir ubicaciones estratégicas de productos y disminuir tiempos de operación. Esta técnica resulta especialmente relevante en procesos donde existen múltiples alternativas y se requiere seleccionar aquella que genere mayor eficiencia (Singh y Singh, 2025).

2.2.11. Business Intelligence y Power BI

Business Intelligence, o inteligencia de negocios, se refiere al conjunto de procesos, herramientas y metodologías que permiten recopilar, transformar, analizar y visualizar datos para apoyar la toma de decisiones empresariales. El principal objetivo es hacer que los datos dispersos se conviertan en información clara, estructurada y útil para la gestión organizacional (Baldeón y Medina, 2025).

Como se viene mencionando en este documento la parte logística de Business Intelligence une todo tipo de información, desde inventario y registros de pedidos hasta datos de envío, cronogramas operativos, reclamaciones, devoluciones y estadísticas de productividad. Unir todos estos datos nos ayuda a simplificar el seguimiento de los indicadores clave, la comparación de resultados y la identificación de tendencias que se encuentra dentro de los procesos. Asimismo, debido a estos paneles de control que indican todos los datos de manera visual, los responsables pueden ver de mejor manera y más rápido el rendimiento real de las operaciones, esto sin tener que estar viendo un montón de hojas de cálculo (Barragán y Zurita, 2025).

Una de las principales ventajas del Business Intelligence es su capacidad para presentar información compleja mediante gráficos, indicadores, filtros y reportes dinámicos. Esto permite analizar diferentes dimensiones de la operación, como períodos de tiempo, productos, clientes, zonas, operadores o tipos de incidencia. De esta forma, la visualización de datos

contribuye a detectar problemas recurrentes, evaluar resultados y establecer acciones correctivas (Baldeón y Medina, 2025).

Power BI es un mecanismo de Business Intelligence elaborado con el fin de unir diversas fuentes de datos, procesar información y construir dashboards interactivos. Su aplicación ayuda a importar datos desde hojas de cálculo, bases de datos, sistemas empresariales y otras fuentes digitales, facilitando así la construcción de reportes visuales orientados a la toma de decisiones (Barragán y Zurita, 2025).

En operaciones logísticas, Power BI se puede utilizar para realizar un de todo tipo de métricas clave, como los tiempos de preparación de pedidos, los niveles de inventario actuales, la precisión de los pedidos, qué productos se venden más rápido, la frecuencia de los errores y si los envíos se realizan a tiempo. Al tener toda esta información claramente visible, el rendimiento operativo se comprende mucho mejor y se facilita una comunicación mucho más fluida entre los diferentes equipos y departamentos sobre lo que realmente está sucediendo (Castro et al., 2026).

La conexión entre Business Intelligence, Power BI y la inteligencia artificial se hace evidente al combinar la visualización de datos con análisis más avanzados. Las herramientas de BI ayudan a organizar toda esa información y presentarla de forma comprensible, mientras que las técnicas de IA pueden descubrir patrones ocultos, predecir posibles escenarios futuros y destacar tendencias de comportamiento relevantes para las operaciones diarias. La integración de estos dos enfoques impulsa la gestión logística hacia un entorno más inteligente y proactivo, siempre en busca de nuevas oportunidades de mejora (Yaranga y Trelles, 2025).

2.3. Marco conceptual

SKU: Viene a ser un código único que se le pone a un producto para poder diferenciarlo del resto dentro del inventario, permitiendo reconocer referencias, modelos, marcas o presentaciones específicas.

Lead time: Es el tiempo total que transcurre desde que se empieza a generar una solicitud hasta que el producto o pedido se encuentra disponible o entregado.

Mispick: Es el error que ocurre cuando se elige un producto distinto al solicitado en la orden de pedido.

Layout de almacén: Esto viene a ser la distribución física de áreas, pasillos, estanterías y zonas operativas dentro de un espacio de almacenamiento.

Slotting: Es el proceso que pasa cuando se asigna la estratégica de ubicaciones a los productos que se tiene en el almacén, tomando en cuenta criterios como rotación, tamaño o frecuencia de salida.

Trazabilidad: Se considera como la capacidad operativa para seguir el recorrido de un producto, pedido o movimiento desde su origen hasta su destino final.

Reproceso: Este es el trabajo que se realiza de forma adicional para corregir un error operativo detectado en una etapa previa del proceso.

Exactitud del pedido: Es el rango de coincidencia entre lo solicitado por el cliente y lo preparado o despachado por la empresa.

Rotación de producto: Se verifica con qué frecuencia un artículo sale del inventario durante un período determinado.

Ruta interna: Es el recorrido que se hace en el almacén para poder encontrar, elegir y mover los productos a una zona de preparación o despacho.

Productividad operativa: Relación de los recursos utilizados y los resultados obtenidos dentro de una actividad logística.

Nivel de servicio: Indicador de cumplimiento de la empresa frente a los requerimientos del cliente en tiempo, cantidad y calidad.

Dashboard: Panel visual que integra indicadores, gráficos y datos relevantes que ayuda y facilita el análisis de información empresarial.

Dato operativo: Historial generado por una actividad interna de la empresa, como pedidos, inventarios, tiempos, despachos o incidencias.

Incidencia logística: Es una situación en donde se retrasa o afecta el desarrollo normal de una operación dentro de la cadena logística.

Orden de pedido: Hoja que muestra el registro de los productos, cantidades y condiciones requeridas por un cliente o área solicitante.

Despacho: Actividad operativa y logística que mediante la cual los productos preparados son enviados o entregados al cliente, sucursal o punto de destino.

Disponibilidad de inventario: Capacidad de solventar con productos suficientes para atender una demanda o solicitud en un momento determinado.

2.4. Marco referencial empresarial

El sector comercial automotriz se caracteriza por la distribución de vehículos, partes, piezas, accesorios y repuestos destinados al mantenimiento, reparación y funcionamiento de unidades automotoras. Dentro de este sector, las empresas comercializadoras de repuestos cumplen un papel relevante, debido a que abastecen a talleres, concesionarios, distribuidores, clientes mayoristas y consumidores finales que requieren disponibilidad oportuna de productos (Zea y Álvarez, 2021).

Las empresas que comercializan repuestos automotrices tienen la costumbre de operar con una enorme variedad de referencias, marcas, modelos, medidas y códigos internos. Toda esta variedad dificulta las operaciones, sobre todo porque muchos productos pueden parecer idénticos, pero en realidad cumplen funciones completamente diferentes (Dakić y Stupavský, 2024). Por este motivo, mantener un control estricto del inventario, asegurar la correcta identificación de los productos y procesar los pedidos correctamente desde el primer intento son aspectos fundamentales para brindar un servicio eficiente y confiable.

En este tipo de organizaciones, el centro de distribución es el corazón de las operaciones, ya que aquí se encuentra actividades de recepción, almacenamiento, clasificación, preparación y despacho de productos. Su buen funcionamiento repercute directamente en la rapidez con la que la empresa puede responder a las necesidades de los clientes, en la fiabilidad de la entrega de pedidos y en la satisfacción o insatisfacción de los clientes. Si se gestiona de forma eficiente, se reducirá el tiempo en cada paso, se minimizarán los errores costosos y se garantizará que las piezas correctas estén disponibles cuando se necesiten (Adeodu y Maladzhi, 2023).

La operación empresarial vinculada a repuestos automotrices requiere una coordinación constante entre áreas comerciales, bodega, inventario y despacho. La información generada por estas áreas permite conocer el comportamiento de la demanda, la rotación de productos, las existencias disponibles y las incidencias asociadas a la preparación de pedidos. Sin embargo, cuando dicha información no se transforma en indicadores claros, se limita la capacidad de análisis y toma de decisiones (Dakić y Stupavský, 2024).

En los centros de distribución del sector automotriz, la eficiencia operativa depende de la organización física del almacén, la ubicación de productos, la actualización de registros, la identificación de referencias y el control de errores. Estos factores son especialmente importantes cuando se trabaja con un alto número de SKUs y con productos que pueden

presentar características similares. Por ello, las herramientas de análisis, visualización de datos y apoyo tecnológico se han convertido en recursos relevantes para fortalecer la gestión logística empresarial (Zea y Álvarez, 2021).

2.5. Marco legal

El marco legal relacionado con la presente investigación se fundamenta en normas ecuatorianas vinculadas con la actividad comercial, calidad del servicio, protección de datos, seguridad laboral y tratamiento de información empresarial. Estas disposiciones permiten establecer una base normativa para el análisis de procesos logísticos apoyados en herramientas digitales y uso de información operativa.

La Constitución de la República del Ecuador reconoce en el artículo 52 el derecho de las personas a disponer de bienes y servicios de óptima calidad, así como a recibir información precisa y no engañosa sobre sus características. Este artículo se relaciona con la gestión logística, debido a que la correcta preparación y despacho de productos forma parte de la calidad del servicio entregado al cliente.

Asimismo, el artículo 66, numeral 19, reconoce el derecho a la protección de datos de carácter personal, incluyendo el acceso, decisión y protección de la información. Esta disposición es relevante cuando las organizaciones utilizan registros digitales, bases de datos, reportes o herramientas tecnológicas que puedan contener información de clientes, trabajadores o usuarios relacionados con la operación empresarial.

En la Constitución específicamente en el artículo 326, numeral 5, se instaura que toda persona tiene derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar. Dentro del ámbito empresarial, este concepto tiene relación con la necesidad de organizar adecuadamente los procesos operativos y reducir condiciones que puedan generar sobrecarga, desorden o riesgos en las actividades laborales.

En cuanto al Código de Comercio, en su artículo 1, este establece que esta normativa regula las obligaciones de los comerciantes en sus operaciones mercantiles, así como los actos y contratos de comercio. Esta disposición resulta pertinente porque las empresas dedicadas a la comercialización y distribución de repuestos automotrices desarrollan actividades mercantiles relacionadas con la compra, venta, almacenamiento y despacho de productos.

El Código del Trabajo, en su artículo 42, determina obligaciones del empleador, entre ellas instalar los lugares de trabajo sujetándose a medidas de prevención, seguridad e higiene laboral. Esta norma se relaciona con las operaciones de almacén y centros de distribución, debido a que las actividades internas deben ejecutarse bajo condiciones adecuadas para el personal operativo.

La Ley Orgánica de Protección de Datos Personales instaura en el artículo 8 que el tratamiento y comunicación de datos personales necesita el consentimiento del titular cuando corresponda. A su vez, el artículo 10 determina principios como juridicidad, transparencia, finalidad, minimización, confidencialidad, calidad y exactitud de los datos. Estos principios son relevantes para el uso responsable de información empresarial en procesos de análisis y toma de decisiones.

El artículo 37 de la misma ley establece la seguridad de datos personales y la obligación de implementar medidas técnicas y organizativas para protegerlos frente a riesgos, amenazas o vulnerabilidades. De igual manera, el artículo 39 incorpora la protección de datos desde el diseño y por defecto, lo cual implica considerar medidas de protección desde las primeras fases de concepción de herramientas o procesos digitales.

Finalmente, el artículo 47 de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales determina obligaciones del responsable y encargado del tratamiento de datos personales. Esta disposición es importante cuando se utilizan sistemas, reportes, dashboards o herramientas tecnológicas que procesan información de carácter empresarial y, eventualmente, datos personales vinculados a clientes, trabajadores o usuarios.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Enfoque de la investigación

En esta investigación se aplicó un enfoque cuantitativo esto con la ayuda del enfoque cualitativo, por una parte, en cuanto a la cuestión cuantitativa este tiene que ver con el análisis de datos operativos que la empresa objeto de estudio da, los cuales se relacionen con pedidos, SKUs, frecuencia de demanda, tiempos de picking, errores registrados, reclamos, devoluciones, reprocesos e indicadores logísticos del centro de distribución, es justamente en este punto en donde se puede ver cómo se comporta el proceso de picking bajo el uso de datos medibles, comparables y verificables.

Por otra parte, el componente cualitativo toma en cuenta el análisis numérico con la comprensión del funcionamiento actual del proceso, la identificación de actividades operativas, la revisión de prácticas internas y la consulta técnica al personal que tenga que ver con las áreas de picking y packing. Es entonces que en este punto la información ayuda a contextualizar los hallazgos que se obtengan en los registros operativos e interpretar aspectos que no siempre se evidencian únicamente en la base de datos.

Por lo tanto, el análisis cuantitativo permite caracterizar la demanda, identificar la frecuencia de pedidos por SKU, segmentar operativamente los productos, analizar canastas multi-ítem, evaluar tiempos de picking y revisar errores registrados. A su vez, el componente cualitativo sirve para interpretar las condiciones reales del proceso, las limitaciones del sistema actual y las oportunidades de mejora dentro del centro de distribución.

3.2. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada, descriptiva y propositiva. Se dice que es aplicada, ya que, busca atender una problemática operativa real que tenga que ver con el proceso de picking dentro de un centro de distribución del sector automotriz. El objetivo no solo es generar conocimiento teórico, sino que se empleen mecanismos de analítica de datos e inteligencia artificial para justificar una propuesta de mejora la cual se orienta a fortalecer la organización de productos, la preparación de pedidos y el desempeño logístico.

De la misma manera, este estudio es descriptivo porque se puede caracterizar el proceso actual de picking, el cómo se comporta la demanda, la frecuencia de pedidos por SKU, los productos con mayor movimiento, los tiempos de preparación y las incidencias operativas

registradas. Este tipo de proyectos viene a ser apropiado ya que en él se pueden ver las condiciones actuales, patrones operativos y elementos que afectan el desempeño del proceso, sin tener que alterar de forma directa a la operación de la empresa.

Y por último se dice que es propositiva, ya que propone el diseño de una mejora apoyada en análisis de datos, segmentación operativa de productos, reglas de asociación, modelo de ranking mediante Random Forest, criterios de slotting, indicadores KPI y herramientas de visualización. Lo que sí es importante mencionar es que en este estudio no se toma en cuenta el desarrollo de un software empresarial propio ni tampoco la implementación completa de un sistema de inteligencia artificial dentro de la empresa, sino que se hace el planteamiento de mecanismos analíticos que ayuden la toma de decisiones y la mejora del proceso de picking.

3.3. Diseño de la investigación

Esta tesis emplea un diseño de investigación no experimental, ya que no se manipulan variables ni se interfieren directamente en el funcionamiento del centro de distribución. El estudio se basa en la observación y el análisis del proceso actual de preparación de pedidos y en la evaluación de los registros operativos proporcionados por la empresa sin alterar las condiciones de las actividades logísticas.

De igual manera, la investigación tiene un diseño transversal, porque el análisis se realiza a partir de información correspondiente a un periodo específico. Para ello, se consideran los datos operativos disponibles del cuatrimestre 2026, los cuales incluyen registros de pedidos, SKUs, cantidades, tiempos de picking, errores reportados y demás información relacionada con la operación del centro de distribución.

Gracias a este diseño se puede obtener una visión estructurada del estado actual del proceso de picking, identificar productos y actividades críticas con el análisis descriptivo, la segmentación operativa y el análisis de canastas, así como reconocer oportunidades de mejora que tengan evidencias. Como no existe una implementación directa dentro de la empresa, los resultados se dirigen al diseño de estrategias de mejora y por ende se pueda fortaleces la gestión logística bajo el uso de mecanismos de analítica de datos e inteligencia artificial.

3.4. Método de investigación

El método de investigación corresponde al estudio de caso, debido a que el análisis se centra en un centro de distribución específico del sector automotriz, tratado bajo

confidencialidad como empresa objeto de estudio. Este método permite examinar de manera detallada una situación operativa real, considerando las características particulares del proceso de picking, la disponibilidad de información, la organización interna y las condiciones actuales bajo las cuales se preparan los pedidos.

Es importante mencionar que el estudio de caso viene a ser adecuado ya que ayuda a analizar el proceso de picking desde una perspectiva integral, en donde se puede combinar datos operativos, observación del proceso y consulta técnica al personal responsable. Lo que se busca hacer con este método es comprender cómo se desarrolla la operación, qué información se encuentra disponible, cómo se comporta la demanda de productos y qué oportunidades de mejora pueden identificarse a partir del análisis de SKUs, frecuencia de pedidos, segmentación operativa, canastas multi-ítem, tiempos e incidencias logísticas.

La investigación no pretende generalizar los resultados a todos los centros de distribución del sector automotriz, sino generar una propuesta de mejora aplicable al caso analizado, sustentada en información real y en criterios técnicos de gestión logística, analítica de datos e inteligencia artificial.

3.5. Unidad de análisis

La unidad de análisis de la presente investigación corresponde al proceso de picking desarrollado en el centro de distribución de la empresa objeto de estudio. En este proceso se toma en cuenta las actividades que tengan que ver con la recepción del pedido en el sistema, asignación al operador, localización del producto, selección de SKUs, preparación del pedido, entrega al área de packing, verificación y despacho.

Este análisis tiene como finalidad centrarse específicamente en las tareas internas que tienen que ver con la preparación de pedidos dentro del centro de distribución. Por ende, se consideran elementos como frecuencia de pedidos, comportamiento de la demanda, segmentación operativa de productos, productos estrella, candidatos de baja rotación, tiempos de picking, errores operativos, canastas multi-ítem y organización de productos dentro del almacén.

Quedan fuera del alcance de la unidad de análisis las actividades relacionadas con compras, ventas, transporte externo, negociación comercial, distribución final y gestión financiera de la empresa, debido a que el objetivo de la investigación se concentra en la optimización del proceso de picking mediante analítica de datos e inteligencia artificial.

3.6. Población y muestra

La población de estudio comprende los registros de datos operativos generados en el centro de distribución durante el periodo de análisis, que incluye pedidos, SKUs, cantidades solicitadas, frecuencia de demanda, tiempos de picking, errores registrados, reclamaciones, devoluciones, reprocesos y otros elementos del procesamiento de pedidos. Estos registros de datos constituyen la base para caracterizar el comportamiento del proceso y para el diagnóstico descriptivo de la operación.

La muestra es de tipo censal, debido a que se analizan todos los registros disponibles proporcionados por la empresa para el periodo correspondiente al cuatrimestre 2026. Para el análisis de tiempos de picking se considera una base de 15.066 pedidos registrados en el sistema, mientras que para el análisis de errores operativos se toma como referencia el reporte disponible de 16.544 pedidos y 3.308 errores identificados durante el mismo periodo de análisis.

Según el tipo de análisis realizado, la unidad de referencias está representada por el pedido, el SKU y la línea de pedido, de acuerdo con el tipo de análisis desarrollado. El pedido permite evaluar el volumen operativo, el tamaño de canasta y los tiempos de procesamiento; el SKU permite analizar la frecuencia de demanda, la segmentación operativa y la relación entre productos; y el articulo del pedido permite examinar los productos, cantidades, marcas, categorías y posiciones más vendidas en el centro de distribución.

Al utilizar una muestra censal se puede trabajar con toda la información que se tiene disponible, sin tener que seleccionar una parte parcial de los registros para así fortalecer la representatividad del diagnóstico operativo. Es por eso que cuando se interpretan los resultados viene a estar condicionado por la calidad, nivel de detalle y consistencia de los datos entregados por la empresa.

En lo que respecta al componente cualitativo, se toma en cuenta una muestra intencional la cual está conformada por cuatro colaboradores que tienen que ver directamente con el proceso de picking y packing. Los participantes corresponden a personal con conocimiento operativo del proceso: jefe de bodega, operador de picking, operador de packing y auxiliar de bodega. Esta selección responde a la necesidad de obtener información técnica sobre la preparación, verificación, corrección y control de pedidos dentro del centro de distribución.

3.7. Fuentes de información

Las fuentes de información de la investigación están conformadas por datos primarios y secundarios. Las fuentes primarias permiten obtener información directa sobre el proceso de picking del centro de distribución, mientras que las fuentes secundarias sirven para sustentar teóricamente el estudio mediante literatura especializada sobre logística, centros de distribución, gestión de inventarios, picking, inteligencia artificial, analítica de datos, indicadores KPI, reglas de asociación, modelos de clasificación y Business Intelligence.

La combinación de ambas fuentes permite desarrollar un análisis más completo, debido a que los datos operativos proporcionan evidencia sobre el comportamiento real del proceso, mientras que la revisión bibliográfica aporta criterios técnicos para interpretar los resultados y fundamentar la propuesta de mejora.

3.7.1. Fuentes primarias

Las fuentes primarias están conformadas por la información proporcionada directamente por la empresa objeto de estudio. Entre estas se incluyen los registros operativos extraídos del sistema SAP Business One, reportes internos de pedidos, información de SKUs, tiempos de picking, registros de errores, datos de reclamos, devoluciones y reprocesos disponibles durante el periodo de análisis.

También se consideran como fuentes primarias la observación directa del proceso de picking y la consulta técnica al personal vinculado con las actividades de picking y packing. Esta información permite comprender la forma en que se desarrolla actualmente el proceso, identificar limitaciones operativas y contrastar los datos registrados en el sistema con la práctica diaria dentro del centro de distribución.

3.7.2. Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias están integradas por artículos científicos, tesis, libros, informes técnicos, documentos institucionales y literatura académica relacionada con logística, centros de distribución, gestión de inventarios, picking, inteligencia artificial, analítica de datos, reglas de asociación, modelos de clasificación, indicadores logísticos y Business Intelligence.

Estas fuentes permiten sustentar los conceptos, enfoques metodológicos y técnicas de análisis utilizadas en la investigación. Asimismo, sirven como base para identificar criterios aplicables a la optimización del proceso de picking y para comparar el enfoque del estudio con investigaciones previas desarrolladas en contextos logísticos similares.

3.8. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos utilizadas en la investigación son el análisis documental, la observación directa y la entrevista o consulta técnica. Estas técnicas permiten obtener información cuantitativa y cualitativa sobre el proceso de picking, considerando tanto los registros operativos disponibles como la experiencia del personal responsable de la operación.

El uso conjunto de estas técnicas permite fortalecer la validez del diagnóstico, debido a que los datos provenientes del sistema pueden ser contrastados con la observación del proceso y con la información proporcionada por el personal operativo. De esta manera, se evita depender únicamente de registros numéricos o de percepciones individuales.

3.8.1. Análisis documental

El análisis documental implica la revisión de bases de datos, informes internos y registros operativos de la empresa investigada. Este método permite examinar información sobre pedidos, SKUs, cantidades solicitadas, frecuencia de demanda, tiempos de picking, errores registrados, quejas, devoluciones y reprocesos.

Gracias a esta revisión, la información se organiza y limpia para desarrollar el análisis descriptivo del proceso, la segmentación operativa de productos, el análisis de canastas multi-ítem, la identificación de relaciones entre SKUs y el cálculo de indicadores logísticos. De la misma manera, el análisis documental da paso a que se evalúe la calidad de los datos disponibles, se detecte posibles inconsistencias y determinar qué variables pueden ser utilizadas para sustentar la propuesta de mejora.

3.8.2. Observación directa

La observación directa se aplica para conocer cómo se desarrolla el proceso de picking dentro del centro de distribución. Esta técnica permite identificar las actividades ejecutadas por los operadores, la forma de localización de productos, el uso del sistema, la preparación de pedidos, la entrega al área de packing, la verificación y el tratamiento de novedades operativas.

Mediante la observación se pueden reconocer aspectos que no siempre se reflejan en los registros del sistema, como recorridos innecesarios, dependencia de la experiencia del operador, dificultades de ubicación, validaciones visuales, tiempos de espera, acumulación de pedidos o problemas durante la verificación. Esta información complementa el análisis cuantitativo y permite contextualizar las oportunidades de mejora.

3.8.3. Entrevista o consulta técnica

En cuanto a la entrevista o consulta técnica sesta va dirigida a cuatro colaboradores que tienen que ver directamente con el proceso de picking y packing del centro de distribución. Las personas que van a participar en estas entrevistas se las selecciona de forma intencional, tomando en cuenta cuales de sus funciones tienen que ver con la preparación, verificación, corrección y control de pedidos.

Los perfiles de las personas a tomar en cuenta en la consulta técnica corresponden al jefe de bodega, operador de picking, operador de packing y auxiliar de bodega. Esto se lo hace con el objetivo de que se recolecte información desde diferentes etapas del proceso, ya que cada cargo tiene actividades específicas relacionadas con la supervisión operativa, localización de productos, recolección de SKUs, verificación de pedidos, detección de novedades y apoyo en la gestión interna del almacén.

La información que se obtenga con esta técnica se la va a usar como un complemento del análisis documental y de la observación directa. Con el único objetivo de validar la interpretación de los datos, identificar problemas operativos no registrados formalmente y además, reconocer oportunidades de mejora desde la experiencia del personal que participa directamente en el proceso.

3.9. Instrumentos de recolección de datos

Ahora con respecto a los instrumentos de recolección de datos estos ayudan a que se organice, se registre y se sistematice la información que se necesita para el desarrollo del diagnóstico y el posterior diseño de la propuesta de mejora. Para esta investigación se utilizan instrumentos orientados al levantamiento de información operativa, revisión de documentos internos, observación del proceso, consulta técnica y construcción de indicadores logísticos.

La selección de estos instrumentos responde al enfoque cuantitativo con apoyo cualitativo de la investigación, debido a que se trabaja con datos provenientes de registros del sistema, reportes internos, observación directa y consulta técnica al personal relacionado con el proceso de picking. La Tabla 6 detalla los instrumentos considerados para el estudio.

Tabla 6. *Instrumentos de recolección de datos*

Instrumento	Finalidad	Información registrada
Ficha de observación	Registrar el desarrollo actual del proceso de picking	Actividades, responsables, herramientas utilizadas, puntos críticos y novedades operativas
Guía de entrevista	Obtener información técnica del personal vinculado al proceso	Funcionamiento del picking, causas de errores, limitaciones del sistema y oportunidades de mejora
Matriz de revisión documental	Organizar la información proveniente de reportes y bases de datos	Pedidos, SKUs, cantidades, tiempos, errores, reclamos, devoluciones y reprocesos
Matriz de indicadores logísticos	Estructurar los indicadores necesarios para el análisis operativo	Pedidos procesados, frecuencia por SKU, segmentación operativa, tiempos, errores, reclamos, devoluciones, reprocesos y métricas de asociación

Nota: Elaboración propia.

3.9.1. Ficha de observación

La ficha de observación será utilizada para registrar información relacionada con el desarrollo práctico del proceso de picking dentro del centro de distribución. Este instrumento permitirá identificar las actividades ejecutadas por los operadores, el uso del sistema, la localización de productos, la preparación de pedidos, la entrega al área de packing, la validación y el tratamiento de novedades operativas.

Mediante este instrumento se podrán reconocer situaciones que no necesariamente se encuentran registradas en las bases de datos, tales como recorridos innecesarios, dependencia de la experiencia del operador, dificultades de ubicación, validaciones visuales, tiempos de espera y posibles puntos críticos dentro del flujo operativo.

3.9.2. Guía de entrevista

La guía de entrevista estará dirigida a cuatro informantes vinculados directamente con el proceso de picking y packing del centro de distribución: jefe de bodega, operador de picking, operador de packing y auxiliar de bodega. Estos perfiles permitirán obtener información cualitativa sobre el funcionamiento actual del proceso, las principales dificultades operativas, las causas frecuentes de errores, las limitaciones del sistema utilizado y las oportunidades de mejora identificadas desde la experiencia del personal operativo.

La guía estará conformada por preguntas abiertas orientadas a conocer el desarrollo del proceso, la forma de localización de productos, el uso del sistema, la validación de pedidos, la detección de novedades, la organización de productos y la necesidad de indicadores para mejorar el control operativo.

3.9.3. Matriz de revisión documental

La matriz de revisión documental permitirá organizar la información extraída de los reportes y bases de datos proporcionados por la empresa. Con la ayuda de este elemento se podrá registrar las variables que tengan que ver con pedidos, SKUs, cantidades solicitadas, frecuencia de demanda, tiempos de picking, errores operativos, reclamos, devoluciones y reprocesos disponibles durante el periodo de análisis.

Este elemento viene a ser bastante importante ya que se hace más fácil la limpieza, la clasificación y la estructuración de los datos que se necesitan para desarrollar el análisis descriptivo, la segmentación operativa de productos, el análisis de canastas multi-ítem, la identificación de relaciones entre SKUs y el cálculo de indicadores logísticos. Asimismo, permitirá identificar campos incompletos, duplicados, inconsistencias o limitaciones presentes en la información disponible.

3.9.4. Matriz de indicadores logísticos

La matriz de indicadores logísticos será utilizada para definir, calcular e interpretar los principales indicadores asociados al proceso de picking. Este instrumento permitirá relacionar cada indicador con su fórmula o criterio de cálculo, fuente de información, periodo de análisis e interpretación operativa.

En cuanto a los elementos tomados en cuenta se incluyen pedidos procesados, líneas de pedido, productos únicos, frecuencia de picking por SKU, tamaño de canasta, segmentación operativa de productos, tiempo promedio de picking, tiempo mínimo, tiempo máximo, errores registrados, reclamos, devoluciones, reprocesos y métricas de asociación como conteo conjunto, soporte, confianza y lift. Entonces se puede decir que con esta matriz se hará más fácil la presentación ordenada de los resultados y servirá como base para el diseño de la propuesta de mejora.

3.10. Operacionalización de variables y categorías de análisis

La operacionalización permite relacionar las categorías de análisis con sus dimensiones, indicadores, fuentes de información y técnicas de análisis. En esta investigación, la categoría principal corresponde a la aplicación de analítica de datos e inteligencia artificial al proceso de picking, mientras que las demás categorías se vinculan con el proceso actual, comportamiento de la demanda, segmentación operativa de productos, canastas multi-ítem, tiempos, errores, organización de productos e indicadores logísticos.

Debido al alcance descriptivo y propositivo del estudio, los errores y tiempos de picking se consideran indicadores operativos disponibles para el diagnóstico, sin asumir una manipulación experimental de variables. La operacionalización utilizada en la investigación se establece en la Tabla 7.

Tabla 7. *Operacionalización de variables y categorías de análisis*

Variable o categoría	Dimensión	Indicadores	Fuente de información	Técnica de análisis
Aplicación de analítica de datos e inteligencia artificial	Análisis y optimización logística	Técnica seleccionada, tipo de análisis aplicado, utilidad para la toma de decisiones	Literatura especializada, base de datos operativa y resultados del diagnóstico	Revisión teórica, análisis descriptivo, reglas de asociación y modelo de ranking
Proceso actual de picking	Flujo operativo	Etapas del proceso, responsables, herramientas utilizadas y puntos críticos	Observación directa, entrevista técnica y registros internos	Análisis del proceso y flujograma
Comportamiento de la demanda	Frecuencia de pedidos	Número de pedidos, líneas de pedido, frecuencia por SKU, cantidad solicitada y productos de mayor movimiento	Base de datos de pedidos y reportes del sistema	Análisis descriptivo y frecuencias
Segmentación operativa de productos	Clasificación logística de SKUs	Productos estrella, candidatos de baja rotación, otros productos y participación por segmento	Base de datos de SKUs, cantidades, rotación y frecuencia de pedidos	Segmentación operativa y análisis descriptivo
Canastas multi-ítem y relaciones entre SKUs	Asociación entre productos	Tamaño de canasta, órdenes de un solo ítem, órdenes multi-ítem, conteo conjunto, soporte, confianza y lift	Base de pedidos, ID_Orden y registros de SKUs	Análisis de canastas y reglas de asociación

Tiempos de picking	Eficiencia operativa	Tiempo promedio, tiempo mínimo, tiempo máximo, tiempo por SKU, tiempo de recorrido y tiempo total de picking	Registros del sistema y reportes internos	Estadística descriptiva e interpretación operativa
Errores e incidencias operativas	Exactitud del proceso	Número de errores, tasa estimada de error, reclamos, devoluciones y reprocesos	Reportes internos, entrevistas y registros disponibles	Análisis porcentual e interpretación operativa
Organización de productos	Ubicación estratégica	Frecuencia de picking, relación entre productos, productos críticos, riesgo de confusión y prioridad de ubicación	Reportes internos, observación directa y consulta técnica	Criterios de slotting y análisis operativo
Indicadores logísticos	Control operativo	KPI de picking, frecuencia de errores, tiempos, reprocesos, backlog y seguimiento de productos críticos	Matriz de indicadores y base de datos operativa	Cálculo de KPI y visualización de datos
Propuesta de mejora operativa	Diseño de mejora	Reubicación estratégica, dashboard, control de productos críticos, gestión de novedades y plan de implementación	Resultados del diagnóstico y modelo analítico	Síntesis diagnóstica y diseño propositivo

Nota: Elaboración propia.

3.11. Procedimiento de análisis de datos

Este paso es importante ya que ayuda a desarrollar de forma secuencial, se comienza con la revisión de la información dada por la empresa objeto de estudio y acaba con el diseño de una propuesta de mejora para el proceso de picking. Entonces se puede decir que este procedimiento ayudará a transformar los registros operativos en información útil para caracterizar la demanda, identificar productos relevantes para la operación, calcular indicadores logísticos y aplicar técnicas de analítica de datos e inteligencia artificial de acuerdo con la información disponible.

Este análisis se lo hará con base en los registros disponibles del cuatrimestre 2026, tomando en cuenta los datos que tengan que ver con pedidos, SKUs, cantidades, tiempos de picking, errores operativos, reclamos, devoluciones y reprocesos. Con la finalidad de generar una base de análisis confiable el cual permita que se fundamente técnicamente el diagnóstico y la propuesta de mejora.

3.11.1. Revisión y depuración de la base de datos

La primera etapa consistirá en revisar y depurar la base de datos proporcionada por la empresa. Para ello, se verificará la estructura de los campos disponibles, el formato de las fechas, la consistencia de los códigos de productos, la existencia de registros duplicados, valores vacíos, datos atípicos o inconsistencias entre pedidos, SKUs y cantidades registradas.

Esta etapa permitirá asegurar que la información utilizada para el análisis sea coherente y confiable. Asimismo, se organizarán las variables necesarias para los cálculos posteriores, tales como número de pedido, código SKU, descripción del producto, cantidad solicitada, fecha del pedido, tiempo de picking, segmento del producto, tipo de incidencia y demás campos disponibles en los reportes internos.

3.11.2. Análisis descriptivo de pedidos, SKUs y frecuencia de demanda

Una vez depurada la base, se realizará un análisis descriptivo de la información operativa. Este análisis permitirá caracterizar el comportamiento de la demanda del centro de distribución mediante frecuencias, porcentajes, promedios y distribuciones de los pedidos registrados.

Se analizará el volumen de pedidos procesados, la frecuencia de aparición de cada SKU, las cantidades solicitadas, los productos de mayor movimiento, la distribución de la demanda por periodo, el tamaño de canasta y las líneas de producto con mayor número de transacciones.

Este procedimiento permitirá identificar qué productos tienen mayor participación dentro del proceso de picking y cuáles presentan menor frecuencia de salida.

El análisis descriptivo será la base para comprender el comportamiento operativo del centro de distribución, debido a que permitirá reconocer patrones de demanda, complejidad de pedidos y criterios iniciales para la segmentación y priorización operativa de productos.

3.11.3. Segmentación operativa de productos

Posteriormente, se realizará la segmentación operativa de productos con el propósito de clasificar los SKUs según su comportamiento dentro de la demanda y su utilidad para el análisis del picking. Esta segmentación permitirá diferenciar productos estrella, candidatos de baja rotación y productos clasificados como otros.

Los productos estrella corresponderán a aquellos con mayor presencia o relevancia dentro de la demanda histórica. Los candidatos de baja rotación serán aquellos productos con menor movimiento, pero con posibilidad de análisis por su relación con otros SKUs dentro de las canastas de pedido. Por su parte, el grupo otros permitirá mantener una referencia general del inventario que no forma parte directa de los dos segmentos principales.

En este punto se dice que gracias a la segmentación se podrá organizar el análisis sin asumir que todos los productos tienen el mismo impacto operativo. Asimismo, servirá como base para que se identifique las relaciones que hay entre los productos, priorizar SKUs relevantes y proponer criterios de organización dentro del centro de distribución.

3.11.4. Análisis de canastas multi-ítem y relaciones entre SKUs

Posteriormente a la segmentación, se evaluarán las canastas de pedido a partir del identificador de orden. Este procedimiento permitirá diferenciar las órdenes de un solo ítem y las órdenes multi-ítem, considerando que estas últimas contienen dos o más productos y permiten observar relaciones entre SKUs solicitados dentro de una misma orden.

El análisis de canastas multi-ítem será utilizado para identificar combinaciones frecuentes entre productos estrella y candidatos de baja rotación. Esta información permitirá reconocer qué productos aparecen juntos en los pedidos y qué relaciones pueden tener utilidad operativa para la organización del picking.

A partir de este análisis se podrán construir relaciones entre SKUs mediante métricas como conteo conjunto, soporte, confianza y lift. Estas métricas permitirán diferenciar

coincidencias aisladas de asociaciones con mayor fuerza histórica, lo cual servirá como base para la aplicación de reglas de asociación en la propuesta de mejora.

3.11.5. Cálculo de indicadores logísticos

Una vez organizada la información, se calcularán indicadores logísticos relacionados con el desempeño del proceso de picking. Estos elementos ayudarán a que se evalúe algunos aspectos como frecuencia de pedidos, tamaño de canasta, tiempo promedio de picking, errores operativos, reclamos, devoluciones, reprocesos, comportamiento de los SKUs y distribución de productos por segmento.

Estos indicadores se calcularán a partir de los registros que hay disponibles en la base de datos y reportes internos de la empresa. Con el objetivo de dar medidas cuantitativas las cuales permitan interpretar el estado actual del proceso y para de esta manera se pueda establecer una línea base para el diseño de la propuesta de mejora.

Entre las principales variables consideradas se encuentran la frecuencia de picking por SKU, número de pedidos procesados, líneas de pedido, productos únicos, órdenes multi-ítem, segmentación operativa de productos, tiempo promedio de picking, tiempo mínimo, tiempo máximo, tasa estimada de error, porcentaje de reclamos, devoluciones y reprocesos asociados al proceso.

3.11.6. Aplicación de técnicas de inteligencia artificial y analítica de datos

La aplicación de técnicas de inteligencia artificial y analítica de datos se realizará de acuerdo con la calidad, disponibilidad y estructura de la información proporcionada por la empresa. Es por eso que es importante indicar que no se desarrollará un sistema de inteligencia artificial desde cero, sino que solamente se aplicarán técnicas viables que apoyen el análisis del proceso de picking y fortalecer la propuesta de mejora.

En base al tipo de datos que se tenga disponibles, se aplicarán técnicas como análisis descriptivo, segmentación operativa, análisis de canastas multi-ítem, reglas de asociación y modelo de ranking mediante Random Forest. Las cuales ayudaran a que se se identifique los patrones de demanda, las relaciones que hay entre productos, productos candidatos con utilidad operativa y oportunidades de reorganización dentro del almacén.

Las reglas de asociación se utilizarán para identificar relaciones entre productos estrella y productos candidatos de baja rotación que aparecen dentro de una misma orden. Para ello, se considerarán métricas como conteo conjunto, soporte, confianza y lift. Posteriormente, el

modelo Random Forest se utilizará como una capa de ranking para ordenar las recomendaciones de productos candidatos, considerando tanto las métricas de asociación como variables de contexto disponibles en la base de datos.

3.11.7. Diseño de dashboard para visualización de indicadores

A partir de los indicadores calculados, se diseñará un dashboard orientado a la visualización del desempeño del proceso de picking. Este tablero permitirá integrar la información más relevante del análisis, facilitando la lectura de datos relacionados con pedidos, SKUs, productos de mayor movimiento, segmentos operativos, tiempos, errores, reclamos, devoluciones y reprocesos.

El dashboard será diseñado mediante Power BI, con el propósito de mostrar los resultados de manera clara, dinámica y útil para la toma de decisiones logísticas. Esta herramienta permitirá visualizar indicadores del proceso, comparar comportamientos, identificar productos críticos y monitorear puntos clave dentro de la operación.

La visualización de indicadores ayudará a identificar tendencias, reconocer productos con mayor impacto operativo, observar variaciones en los tiempos de picking y controlar incidencias asociadas a errores, reclamos y reprocesos. De esta manera, el dashboard funcionará como una herramienta de apoyo para el control operativo y la mejora continua del centro de distribución.

3.11.8. Diseño de propuesta de mejora

Gracias a los hallazgos obtenidos del análisis descriptivo, segmentación operativa, análisis de canastas, reglas de asociación, modelo de ranking, indicadores logísticos y consulta técnica al personal operativo, se diseñará una propuesta de mejora para el proceso de picking. Esta propuesta estará orientada a fortalecer la organización de productos, priorizar SKUs relevantes, reducir recorridos innecesarios y mejorar el control operativo mediante indicadores.

En la propuesta se considerarán criterios de slotting, reubicación estratégica de productos, control de productos críticos, mejora del registro de errores, diseño de dashboard y gestión de novedades operativas. Ese decir, estas acciones se las pondrá como alternativas de mejora fundamentadas en evidencia cuantitativa y en la información cualitativa que se obtiene de la observación y consulta técnica.

Se sabe que la propuesta no representará una implementación directa en lo que compete a la operación real de la empresa, sino que se hará una formulación técnica de recomendaciones

que podrán ser evaluadas por la organización para su futura aplicación. Por tanto, los resultados esperados estarán sujetos a una etapa posterior de validación, prueba piloto y seguimiento de indicadores.

3.12. Software y herramientas de análisis

Para el procesamiento y análisis de la información se utilizarán herramientas tecnológicas que permitan organizar, depurar, analizar y visualizar los datos operativos proporcionados por la empresa. La selección de estas herramientas responde al alcance descriptivo y propositivo de la investigación, considerando que el estudio no contempla el desarrollo de un software empresarial propio ni la implementación completa de un sistema de inteligencia artificial en la operación real del centro de distribución.

La herramienta Microsoft Excel será usada para realizar la revisión inicial de la base de datos, la eliminación de registros, la organización de campos, la validación de información y también hacer las tablas descriptivas, dicho mecanismo ayudará a estructurar la información relacionada con pedidos, SKUs, cantidades, tiempos e incidencias operativas.

Por otra parte, las herramientas como Python y Google Colab se usarán para el análisis avanzado de los datos, específicamente en la normalización de códigos, análisis de canastas multi-ítem, construcción de matrices de co-ocurrencia, aplicación de reglas de asociación, cálculo de métricas como soporte, confianza y lift, y desarrollo del modelo de ranking mediante Random Forest. Asimismo, Google Colab servirá como un entorno para construir un prototipo interactivo de consulta de recomendaciones entre productos.

Power BI se considera como herramienta de visualización para el diseño del dashboard operativo propuesto, orientado al seguimiento de indicadores de demanda, tiempos, errores, reclamos, devoluciones, reprocesos y productos críticos del proceso de picking. Esta herramienta permitirá plantear una visualización dinámica de la información analizada, facilitando la interpretación de resultados y el apoyo a la toma de decisiones logísticas.

Tabla 8. *Software y herramientas de análisis de datos*

Herramienta	Uso dentro de la investigación	Resultado esperado
Microsoft Excel	Revisión inicial, depuración, organización de datos, validación de campos y elaboración de tablas descriptivas	Base estructurada para el análisis operativo

Python / Google Colab	Normalización de códigos, análisis de canastas, matrices de co-ocurrencia, reglas de asociación, Random Forest y prototipo interactivo	Identificación de relaciones entre productos y generación de recomendaciones
Power BI	Diseño propuesto de dashboard e indicadores logísticos	Visualización dinámica de demanda, tiempos, errores, productos críticos y oportunidades de mejora

Nota: Elaboración propia.

3.13. Validez y confiabilidad de la información

La validez de la información se garantizará mediante la utilización de datos operativos proporcionados directamente por la empresa objeto de estudio, los cuales corresponden a registros generados en el desarrollo real del proceso de picking. Estos datos serán contrastados con la observación directa del proceso y con la consulta técnica al personal vinculado con las actividades de picking y packing.

Para aumentar la fiabilidad del análisis, se realizará una verificación preliminar de la base de datos. Esta verificación identifica duplicados, campos vacíos, errores de formato, inconsistencias en códigos de productos, registros atípicos y posibles discrepancias entre pedidos, SKUs, cantidades y tiempos reportados. Esta depuración de datos garantiza información más consistente y reducir el riesgo de errores durante el procesamiento de datos.

De igual modo, la triangulación de los registros operativos, la observación directa y las entrevistas técnicas permite validar la interpretación de los resultados. De esta manera, los hallazgos no dependerán únicamente de una fuente de información, sino de la comparación entre datos documentales y conocimiento operativo del personal responsable del proceso.

La confiabilidad también estará condicionada por el nivel de detalle de los reportes entregados por la empresa. Por esta razón, las conclusiones y propuestas derivadas del análisis se formularán considerando la información disponible durante el periodo de estudio y las limitaciones propias de los registros proporcionados.

La participación de diferentes cargos vinculados al proceso permitirá contrastar la información desde varias perspectivas operativas. De esta manera, los datos obtenidos mediante la base documental podrán compararse con la observación directa y con los criterios

técnicos del jefe de bodega, operador de picking, operador de packing y auxiliar de bodega, fortaleciendo la validez del diagnóstico.

Esta triangulación permitirá reducir el riesgo de interpretar los datos únicamente desde una fuente documental, debido a que los registros del sistema serán complementados con la experiencia del personal que interviene directamente en la operación diaria del proceso de picking y packing.

3.14. Consideraciones éticas y confidencialidad

En este proyecto se respetarán los principios de confidencialidad y el uso responsable de la información que la empresa proporcione. Por lo que la organización será tratada como empresa objeto de estudio, no se publicará su nombre comercial ni ningún tipo de información que pueda comprometer su posición competitiva, sus operaciones internas o sus datos estratégicos.

Toda la información que la empresa proporcione, incluidos registros operativos, reportes, bases de datos y documentos internos, serán usados de forma única con fines académicos. Dado el caso en el que la información tenga datos sensibles que se relacionen con clientes, trabajadores, códigos internos, precios, movimientos comerciales o información empresarial reservada, toda esa información será tratada de forma confidencial y presentados de forma agregada.

Los resultados de la investigación se mostrarán bajo el análisis general, indicadores, porcentajes, clasificaciones y gráficos, evitando revelar información personal, comercial o estratégica la misma que pueda afectar a la empresa o a terceros. De la misma manera, la información que se obtenga bajo la observación directa o consulta técnica al personal será usada de forma exclusiva para contextualizar el proceso y fortalecer el diagnóstico operativo.

El tratamiento de los datos se realizará respetando criterios de protección de datos personales y confidencialidad empresarial. Por ello, este estudio mantiene un enfoque académico, sin utilizar la información para fines comerciales, laborales o ajenos al desarrollo del trabajo de titulación.

3.15. Limitaciones metodológicas

En este punto de la investigación también se reconoce algunas limitaciones metodológicas que tienen que ver con la disponibilidad, estructura y nivel de detalle de la información proporcionada por la empresa. Aunque se tiene los registros operativos del proceso de picking, no toda la información se encuentra desagregada al nivel necesario para aplicar modelos predictivos robustos o evaluar con precisión cada etapa interna del proceso.

Se identifica una de las limitaciones principales viene a ser la ausencia de mediciones detalladas por actividad específica dentro del picking. Se tiene tiempos registrados por el sistema, pero no se tiene los tiempos separados para recepción del pedido, búsqueda, recorrido, selección, validación, entrega a packing y despacho. Es por eso que se menciona que esta condición limita el análisis detallado de los tiempos por etapa y orienta el estudio hacia una evaluación general del proceso.

Otra limitante de esta investigación tiene que ver con los registros de errores, reclamos, devoluciones y reprocesos. Aunque si se tiene información agregada sobre estas incidencias, no siempre se tiene la trazabilidad detallada por pedido, SKU, causa del error, operador responsable o etapa exacta de detección. Es por eso que no es posible construir un modelo predictivo sólido de errores, lo que viene a ser orientado con el análisis hacia una revisión descriptiva, porcentual e interpretativa de las incidencias disponibles.

Además, se ve también como una limitante a la ausencia de un identificador individual de cliente dentro del dataset analizado. Si se tuviera esa información se podría incluir patrones de compra por cliente, historial de pedidos y preferencias específicas, fortaleciendo el modelo de recomendación. Por ende, al no tener estos datos, el análisis se apoya en las variables que se tenga disponibles como ciudad, mes, semana, día, producto, cantidad, precio, stock y métricas de asociación.

De la misma manera, el modelo Random Forest se usará como un mecanismo de ranking y priorización, no se lo empleará como un sistema predictivo definitivo, ya que, su desempeño dependerá de la calidad y amplitud de las variables disponibles, es por eso que sus hallazgos deberán interpretarse como un apoyo en la toma de decisiones operativas y no como predicciones absolutas.

También se identifica la posible falta de un layout que este actualizado o que tenga la información detallada sobre la ubicación física exacta de cada SKU dentro del almacén. Lo que viene a provocar una restricción en el alcance de la propuesta de slotting o reorganización de productos. Debido a ello las recomendaciones tendrán que formularse en base a la frecuencia de demanda, segmentación operativa, relaciones entre productos, stock disponible y criterios operativos proporcionados por la empresa.

La investigación no contempla la implementación directa de la propuesta dentro de la operación real del centro de distribución. Por tanto, los resultados estarán orientados al diseño de una propuesta de mejora sustentada en datos, indicadores logísticos y herramientas de analítica, quedando su aplicación práctica sujeta a la evaluación, validación y decisión posterior de la empresa.

CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Descripción de la empresa objeto de estudio

En este caso la empresa objeto de esta investigación se encuentra dentro del sector comercial automotriz y la cual se dedica a la importación, almacenamiento y distribución de repuestos para vehículos. Se enfoca principalmente en la atención de clientes mayoristas y minoristas, bajo el mando de un centro de distribución que se encarga en la gestión de productos eléctricos, mecánicos y accesorios relacionados con el mantenimiento automotor.

Por motivos de confidencialidad, en este estudio no se dice el nombre comercial de la organización. Sin embargo, se consideran sus características operativas principales, debido a que estas permiten comprender el contexto en el que se desarrolla el proceso de picking.

La empresa cuenta con una trayectoria aproximada de treinta años en el mercado y dispone de áreas funcionales vinculadas con ventas, bodega, inventario, despacho, compras y administración. Dentro de esta infraestructura, el centro de distribución cumple un objetivo fundamental, ya que focaliza las actividades de almacenamiento, preparación, verificación y salida de pedidos.

4.1.1. Actividad económica y ubicación

La actividad económica principal de la organización tiene que ver con la comercialización de repuestos automotrices, específicamente productos eléctricos, mecánicos y componentes para sistemas de aire acondicionado vehicular. Debido a la diferentes referencias, códigos, marcas y líneas de producto, la operación logística requiere un control apropiado de inventario, ubicación y preparación de pedidos.

Esta empresa se encuentra localizada dentro de la ciudad de Guayaquil, especialmente en el área del Parque Industrial Inmaconsa, zona que se conecta con la vía Perimetral. Esta ubicación facilita el abastecimiento y despacho hacia distintos clientes, tanto dentro de la ciudad como hacia otras zonas del país. La Tabla 9 presenta una caracterización general de la empresa objeto de estudio.

Tabla 9. *Caracterización general de la empresa objeto de estudio*

Aspecto	Descripción	Relación con el proceso de picking
Sector económico	Comercial automotriz	Define el tipo de productos, códigos y referencias gestionadas
Actividad principal	Importación y distribución de repuestos automotrices	Genera operaciones frecuentes de almacenamiento y preparación de pedidos
Tipo de productos	Repuestos eléctricos, mecánicos y de aire acondicionado vehicular	Incrementa la variedad de SKUs y la necesidad de control por ubicación
Tipo de clientes	Mayoristas y minoristas	Influye en el volumen y composición de los pedidos
Ubicación	Guayaquil, Parque Industrial Inmaconsa	Permite centralizar almacenamiento y despacho
Tiempo de operación	Aproximadamente treinta años	Evidencia experiencia operativa en el mercado automotriz

Nota: Elaboración propia a partir de la información levantada en la empresa objeto de estudio.

4.1.2. Estructura del centro de distribución

El almacén de distribución se encuentra organizado en zonas operativas las cuales permitan ejecutar la recepción, almacenamiento, preparación, verificación y despacho de pedidos. Estas zonas funcionan de forma secuencial, aunque también requieren coordinación constante para evitar retrasos, errores o reprocesos.

En el cuarto de distribución se identifican las áres que están destinadas a recepción de productos, almacenamiento, picking, packing, despacho, devoluciones e inventario. Cada una cumple una función específica dentro del flujo logístico, pero el área de picking representa uno de los puntos más sensibles, debido a que allí se seleccionan físicamente los productos solicitados por los clientes. La Tabla 10 muestra la estructura operativa del centro de distribución.

Tabla 10. *Estructura operativa del centro de distribución*

Área operativa	Función principal	Incidencia en el picking
Recepción	Ingreso y revisión inicial de productos	Asegura que los productos entren correctamente al inventario

Almacenamiento	Ubicación física de los productos en bodega	Determina la facilidad de localización durante el picking
Picking	Selección de productos solicitados en los pedidos	Constituye la etapa central de preparación de órdenes
Packing	Verificación, empaque y control previo al despacho	Permite detectar errores antes de la salida del pedido
Despacho	Entrega o salida de pedidos hacia el cliente	Depende de la correcta preparación y verificación previa
Devoluciones	Recepción de productos retornados o con novedades	Retroalimenta errores o incidencias del proceso
Inventario	Control de existencias y revisión física de productos	Apoya la validación de stock y ubicación

Nota: Elaboración propia a partir de la información levantada en la empresa objeto de estudio.

4.1.3. Recursos operativos y tecnológicos utilizados

Para ejecutar sus procesos logísticos, la empresa utiliza recursos tecnológicos y operativos que facilitan la gestión de pedidos, la localización de productos y la verificación y preparación de los mismos. Entre los recursos SAP Businees One, dispositivos móviles, carros de picking, estanterías, facturas, ordenes de comprar y materiales de embalaje.

El sistema SAP Business One es la plataforma central para capturar y gestionar datos sobre pedidos, productos, niveles inventario y procesos logísticos. Mediante dispositivos móviles, los empleados pueden consultar los pedidos, verificar ubicaciones y confirmar artículos durante la preparación de pedidos. Sin embargo, en ocasiones, los miembros del equipo recurren a su experiencia o a verificaciones manuales, especialmente cuando el sistema presenta problemas, los datos de ubicación son incorrectos o los productos son muy similares. La Tabla 11 enumera los recursos operativos y tecnológicos utilizados en el proceso de picking.

Tabla 11. *Recursos operativos y tecnológicos utilizados en el picking*

Recurso	Uso dentro de la operación	Observación diagnóstica
SAP Business One	Gestión de pedidos, inventario y registros operativos	Constituye el sistema principal de información de la empresa
Dispositivos handheld	Consulta de pedidos, ubicación y validación de productos	Apoyan el picking, aunque pueden presentarse fallas operativas

Aplicativo operativo	Visualización de pedidos y apoyo a la asignación	Facilita el seguimiento del pedido dentro de bodega
Carritos de picking	Transporte interno de productos seleccionados	Permiten agrupar productos durante la recolección
Estanterías y ubicaciones	Almacenamiento físico de productos	Su organización influye en tiempos de búsqueda y recorridos
Factura u orden de pedido	Documento de verificación en packing	Sirve para comprobar producto, cantidad y pedido
Materiales de empaque	Protección y preparación final del pedido	Se utilizan antes del despacho al cliente

Nota: Elaboración propia a partir de la información levantada en la empresa objeto de estudio.

4.2. Descripción del proceso actual de picking

El proceso actual de picking comienza luego de que el pedido ha sido ingresado y aprobado dentro del sistema. El pedido tiene que pasar por algunas validaciones comerciales y crediticias justo antes de llegar a logística. En cuanto se haya aprobado, inmediatamente se habilita para que la zona operativa lo gestione y proceda con la preparación física de los productos.

El picking se ejecuta por operadores asignados, los cuales usan el sistema y los dispositivos disponibles que sirven para localizar los productos dentro de la bodega. El proceso incluye la búsqueda del SKU, validación del producto, recolección, traslado al área de packing y verificación previa al despacho.

En términos generales, el proceso combina actividades soportadas por herramientas tecnológicas con actividades manuales basadas en la experiencia del personal. Esta condición permite que la operación continúe funcionando, pero también genera dependencia del conocimiento operativo y puede incrementar el riesgo de errores cuando existen productos similares, ubicaciones desactualizadas o fallas en los dispositivos.

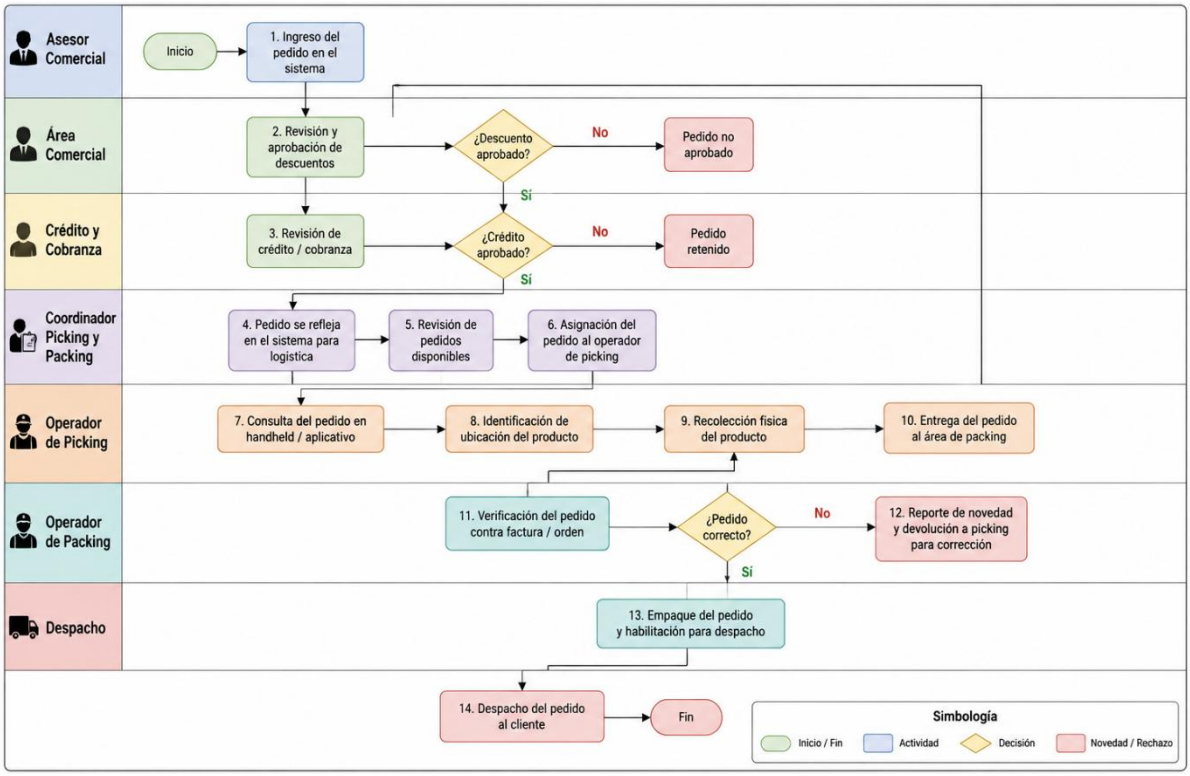
4.2.1. Flujo actual del proceso de picking

El flujo actual comienza en cuanto se ingresa el pedido por parte del área comercial, posteriormente, los pedidos tienen que pasar por la aprobación de descuento y revisión de crédito o cobranza. Cuando estas verificaciones se cumplan, la orden del pedido se muestra en el sistema para la zona logística y de esa manera se pueda asignar al operador correspondiente.

El coordinador de picking y packing revisa los pedidos disponibles y asigna la preparación al operador. Posteriormente, el operador consulta el pedido mediante el dispositivo handheld o aplicativo, identifica la ubicación del producto y realiza la recolección física. Después de completar la selección de los productos, el pedido se entrega al área de packing para su revisión.

La Figura 3 presenta el flujo actual del proceso de picking identificado en la empresa objeto de estudio y la Tabla 12 describe las etapas principales del proceso actual de picking.

Figura 3. *Flujo actual del proceso de picking en la empresa objeto de estudio*



Nota: Elaboración propia.

Tabla 12. *Etapas del proceso actual de picking*

Etapa	Descripción de la actividad	Responsable principal
Ingreso del pedido	El pedido es registrado desde el área comercial	Asesor comercial
Validación comercial	Se revisan condiciones como descuentos o aprobaciones internas	Área comercial
Validación crediticia	Se verifica la condición de crédito o cobranza del cliente	Crédito y cobranza

Liberación a logística	El pedido aprobado se refleja para gestión operativa	Sistema / logística
Asignación del pedido	El coordinador asigna la orden al operador correspondiente	Coordinador de picking y packing
Localización del producto	El operador consulta ubicación y busca el SKU en bodega	Operador de picking
Recolección del producto	Se seleccionan los artículos y cantidades solicitadas	Operador de picking
Entrega a packing	El pedido preparado pasa al área de verificación	Operador de picking
Verificación y empaque	Se revisa el pedido contra el documento correspondiente	Operador de packing
Despacho	El pedido verificado se entrega para salida al cliente	Área de despacho

Nota: Elaboración propia a partir del levantamiento del proceso operativo actual.

4.2.2. Responsables del proceso operativo

El proceso actual de picking toma en cuenta a varios responsables, comenzando con el ingreso del pedido y finalizando en el despacho. Aunque el operador de picking realiza la selección física de productos, la efectividad del proceso está condicionado también por la coordinación con comercial, crédito, packing, inventario y despacho.

Por otra parte, el coordinador de picking y packing tiene que cumplir con un rol importante ya que es quien organiza la asignación de pedidos, atiende novedades y comunica correcciones cuando se detectan errores o faltantes. Los operadores de picking se encargan de localizar y recolectar los productos, mientras que los operadores de packing funcionan como un filtro de verificación previo al despacho. La Tabla 13 presenta los principales responsables del proceso operativo y su participación.

Tabla 13. *Responsables del proceso operativo de picking*

Responsable	Función dentro del proceso	Relación con el control operativo
Asesor comercial	Registra el pedido del cliente	Inicia el flujo operativo mediante la orden

Área comercial	Aprueba condiciones comerciales del pedido	Evita liberar pedidos con inconsistencias comerciales
Crédito y cobranza	Revisa condición de pago o crédito	Habilita o retiene pedidos según la situación del cliente
Coordinador de picking y packing	Asigna pedidos y gestiona novedades	Controla la continuidad del proceso operativo
Operador de picking	Localiza, selecciona y traslada productos	Ejecuta la preparación física del pedido
Operador de packing	Verifica, empaca y reporta novedades	Detecta errores antes del despacho
Personal de inventario	Apoya validación de stock y ubicación	Confirma diferencias físicas o del sistema
Área de despacho	Gestiona la salida del pedido	Depende de la correcta preparación y verificación previa

Nota: Elaboración propia a partir del levantamiento del proceso operativo actual.

4.2.3. Uso de SAP Business One y dispositivos handheld

El sistema SAP Business One se usa como un mecanismo principal para la gestión de pedidos, inventario y datos operativos, ya que con este sistema se registra la información que se necesita para que la zona logística pueda ver los pedidos aprobados y de esa manera continuar con el proceso de preparación.

Los aparatos handheld ayudan a que el operador pueda acceder a la información del pedido, consultar ubicaciones y validar productos durante el picking. Este recurso facilita la operación, debido a que reduce la dependencia de documentos físicos y permite orientar al operador hacia la ubicación registrada en el sistema.

No obstante, el diagnóstico evidencia que el uso de estas herramientas no elimina por completo la posibilidad de errores. Existen situaciones en las que el operador debe apoyarse en búsqueda manual, experiencia previa o comunicación con otros responsables, especialmente cuando la ubicación no se encuentra actualizada, existen productos similares o se presentan fallas en el aplicativo.

Este requisito demuestra que la tecnología que hay cumple una función muy importante dentro del proceso, pero necesita que la información este actualizada, los dispositivos sean funcionales y los controles complementarios para mejorar la exactitud del picking.

4.2.4. Verificación, packing y despacho

La etapa de packing actúa como un punto de control antes del envío. Aquí, el pedido preparado durante la preparación se compara con su factura o pedido correspondiente para asegurar que los artículos y las cantidades coincidan con lo solicitado.

Si todo es correcto, el pedido se empaqueta y se autoriza su envío. Si algún artículo es incorrecto, falta o la cantidad difiere, el operario de empaquetado informa del problema al coordinador para que se resuelva.

Esta etapa es importante porque detecta errores antes de que los pedidos lleguen al cliente. Sin embargo, la desventaja es que cada vez que se encuentra un problema, se requiere trabajo adicional: hay que localizar los artículos de nuevo, corregir el pedido, volver a revisar todo el pedido, lo que retrasa el envío. Por ello, el packing no solo cumple una función de empaque, sino también de control operativo.

El análisis del proceso actual evidencia que el picking depende de la coordinación entre sistema, operador, ubicación física, verificación en packing y corrección de novedades. Esta relación permite identificar que las oportunidades de mejora no se limitan únicamente a la selección del producto, sino también a la calidad de la información disponible, la organización de ubicaciones, el control de productos similares y el registro de errores operativos.

4.3. Caracterización de la base de datos analizada

La base de datos analizada corresponde a los registros operativos del centro de distribución de la empresa objeto de estudio. Esta información permite caracterizar el comportamiento de los pedidos, productos, cantidades, tiempos, segmentos, ubicaciones comerciales y variables asociadas al proceso de picking.

El análisis de la base de datos resulta necesario para sustentar el diagnóstico de la situación actual, debido a que permite identificar el volumen de transacciones, la cantidad de órdenes procesadas, los productos con mayor movimiento, la estructura de los pedidos y las principales características de la demanda. Esta información constituye la base técnica para la formulación de la propuesta de mejora desarrollada en el capítulo siguiente.

4.3.1. Fuente y periodo de análisis

La información que se utiliza en esta investigación viene de los registros exportados en el sistema SAP Business One, un mecanismo que la empresa usa para gestionar pedidos,

productos, inventario y operaciones que tengan que ver con la preparación de órdenes. La base de esta información comprende al cuatrimestre 2026 y contiene datos operativos relacionados con pedidos, SKUs, cantidades, tiempos y características comerciales de los productos. Posteriormente, en la Tabla 14 se muestra la fuente, el periodo y el alcance general de la base de datos analizada.

Tabla 14. *Fuente y alcance de la base de datos analizada*

Aspecto	Descripción	Uso dentro del diagnóstico
Fuente principal	Registros exportados desde SAP Business One	Permite analizar pedidos, productos y variables operativas
Periodo de análisis	Cuatrimestre 2026	Delimita temporalmente el diagnóstico
Unidad de análisis	Pedido, SKU y línea de pedido	Facilita el estudio del comportamiento operativo del picking
Área relacionada	Centro de distribución de la empresa objeto de estudio	Permite vincular la información con la operación logística
Propósito del análisis	Caracterizar demanda, productos, tiempos y comportamiento de pedidos	Sustenta la identificación de problemas y oportunidades de mejora

Nota: Elaboración propia a partir de la base de datos operativa proporcionada por la empresa objeto de estudio.

El uso de registros del sistema permite trabajar con información real de la operación, lo cual fortalece el diagnóstico del proceso de picking. No obstante, la información disponible presenta limitaciones en algunos campos, especialmente en variables geográficas, clasificación de productos y registros históricos detallados de errores.

4.3.2. Variables disponibles en el dataset

El dataset contiene variables relacionadas con identificación de pedidos, datos del producto, clasificación, ubicación geográfica del cliente, cantidades, precios, stock y tiempos asociados al picking. Estas variables permiten analizar tanto la demanda como el comportamiento operativo de los productos dentro del centro de distribución. La Tabla 15 organiza las variables disponibles en el dataset según su grupo de análisis.

Tabla 15. *Variables disponibles en el dataset analizado*

Grupo de variables	Variables incluidas	Utilidad para el diagnóstico
Identificación del pedido	ID_Orden, Tipo_Documento	Permiten reconocer órdenes, transacciones y estructura de pedidos
Fecha y periodo	Fecha, Año, Mes, Semana, Día	Facilitan el análisis temporal de la demanda
Ubicación del cliente	Ciudad, Provincia_Cliente	Permiten identificar la distribución geográfica de los pedidos
Identificación del producto	Código, Nombre_Articulo	Permiten diferenciar los SKUs analizados
Clasificación del producto	Descripcion_Clasificacion, Categoria_Articulo, Linea, Grupo_Articulo, Marca	Permiten agrupar productos por línea, categoría y marca
Segmentación operativa	Clase_Rotacion, Segmento	Permiten diferenciar productos según comportamiento operativo
Inventario y demanda	Stock_Actual, Cantidad	Permiten revisar disponibilidad y volumen solicitado
Variables comerciales	Precio, Pct_Descuento, Valor_Descuento, Costo_Venta, Pct_Utilidad, Renta_Bruta, Iva, Venta_Bruta, Venta_Neta	Permiten complementar el análisis del comportamiento de productos
Variables de tiempo	Tiempo_SKU_Picking, Tiempo_Recorrido, Tiempo_Picking_Total	Permiten analizar la duración asociada al proceso de picking

Nota: Elaboración propia a partir del dataset operativo utilizado en la investigación.

La estructura de variables permite desarrollar un diagnóstico integral del proceso, debido a que combina información de demanda, productos, ubicación, inventario y tiempos.

Sin embargo, el dataset no contiene un identificador individual de cliente ni una trazabilidad detallada de errores por pedido o SKU, lo cual limita ciertos análisis predictivos.

4.3.3. Revisión, depuración y validación de datos

Antes de realizar el análisis descriptivo, se revisó la consistencia general de la base de datos. Este proceso permitió identificar el número de registros, valores nulos, duplicados y posibles anomalías en variables relevantes para el diagnóstico.

La revisión de datos se orientó a validar que las variables principales del análisis no presentaran inconsistencias que afectaran la interpretación de pedidos, productos, cantidades, ventas y tiempos. La Tabla 16 presenta los principales resultados del proceso de depuración y validación.

Tabla 16. *Revisión, depuración y validación de la base de datos*

Criterio revisado	Resultado identificado	Interpretación para el análisis
Registros totales	66.153	Base suficiente para caracterizar el comportamiento operativo
Duplicados exactos	0	No se identificaron registros repetidos de forma exacta
Valores nulos en Ciudad	47	Afectación mínima para el análisis geográfico
Valores nulos en Provincia_Cliente	4.302	Limitación para análisis provincial detallado
Valores nulos en clasificación/categoría	369	Requiere considerar registros sin clasificación completa
Valores nulos en Clase_Rotacion y Stock_Actual	369	Limita parcialmente la lectura de segmentación y disponibilidad
Cantidad menor o igual a cero	0	No se identificaron cantidades inválidas
Precio menor o igual a cero	0	No se identificaron precios inválidos
Venta_Neta menor a cero	0	No se identificaron ventas netas negativas

Tiempo_Picking_Total nulo o menor/igual a cero	0	Los tiempos registrados son utilizables para el diagnóstico

Nota: Elaboración propia a partir de la revisión del dataset operativo.

En cuanto a los hallazgos de la validación, estos muestran que la base de datos es apta para el análisis descriptivo del proceso de picking. A pesar de que existen valores nulos en algunos campos, estos no es un impedimento para que se realicen los análisis de pedidos, SKUs, demanda, tiempos y líneas de producto. No obstante, es importante mencionar que la falta de ciertos datos llega a limitar el análisis de forma más específica, especialmente aquellos que tienen que ver con provincia, clasificación completa, stock y seguimiento individualizado de errores.

4.4. Análisis descriptivo de pedidos, SKUs y demanda

El análisis descriptivo permite conocer el comportamiento general de los pedidos y productos gestionados por el centro de distribución. Esta etapa del diagnóstico se enfoca en identificar el volumen de órdenes, número de transacciones, productos únicos, comportamiento temporal, tamaño de canasta, ciudades con mayor presencia y líneas de producto con mayor movimiento.

Este análisis es importante porque permite reconocer qué elementos concentran mayor actividad dentro del proceso de picking. A partir de estos resultados se pueden identificar productos, periodos y líneas que requieren mayor control operativo.

4.4.1. Pedidos, transacciones y productos únicos

Durante el periodo analizado se identificaron 66.153 registros o líneas de pedido, correspondientes a 15.066 órdenes únicas. Además, la base contiene 6.930 productos únicos, lo que evidencia una alta variedad de SKUs dentro de la operación del centro de distribución. La Tabla 17 presenta los principales indicadores descriptivos de pedidos, transacciones y productos únicos.

Tabla 17. *Indicadores generales de pedidos, transacciones y productos*

Indicador	Resultado	Interpretación operativa
Registros o líneas de pedido	66.153	Representan las transacciones analizadas a nivel de SKU
Órdenes únicas	15.066	Reflejan el volumen de pedidos procesados en el periodo

Productos únicos	6.930	Evidencian alta diversidad de referencias gestionadas
Promedio de ítems por orden	4,39	Indica que una parte de los pedidos contiene varios productos
Máximo de ítems por orden	228	Muestra la existencia de pedidos de alta complejidad operativa
Pedidos de un solo ítem	8.055	Representan órdenes simples para picking
Pedidos multi-ítem	7.011	Requieren mayor atención por la combinación de varios productos

Nota: Elaboración propia a partir del análisis descriptivo del dataset operativo.

Los resultados demuestran que el proceso de picking va mucho más allá de la simple selección de artículos individuales. Si bien los pedidos de un solo artículo representan una proporción significativa, los pedidos de varios artículos aumentan considerablemente la complejidad operativa: requieren localizar varios productos diferentes, verificar las cantidades y coordinar toda su entrega completa al área de packing.

4.4.2. Comportamiento de la demanda por periodo

El comportamiento temporal de la demanda permite identificar cómo se distribuyen las transacciones durante el cuatrimestre analizado. Esta información es útil para reconocer meses con mayor carga operativa y posibles variaciones en la preparación de pedidos. La Tabla 18 presenta las transacciones registradas por mes durante el periodo de análisis.

Tabla 18. *Transacciones registradas por mes*

Mes	Número de transacciones	Participación aproximada
Mes 1	17.164	25,9 %
Mes 2	14.861	22,5 %
Mes 3	17.245	26,1 %
Mes 4	16.883	25,5 %
Total	66.153	100 %

Nota: Elaboración propia a partir del análisis temporal del dataset operativo.

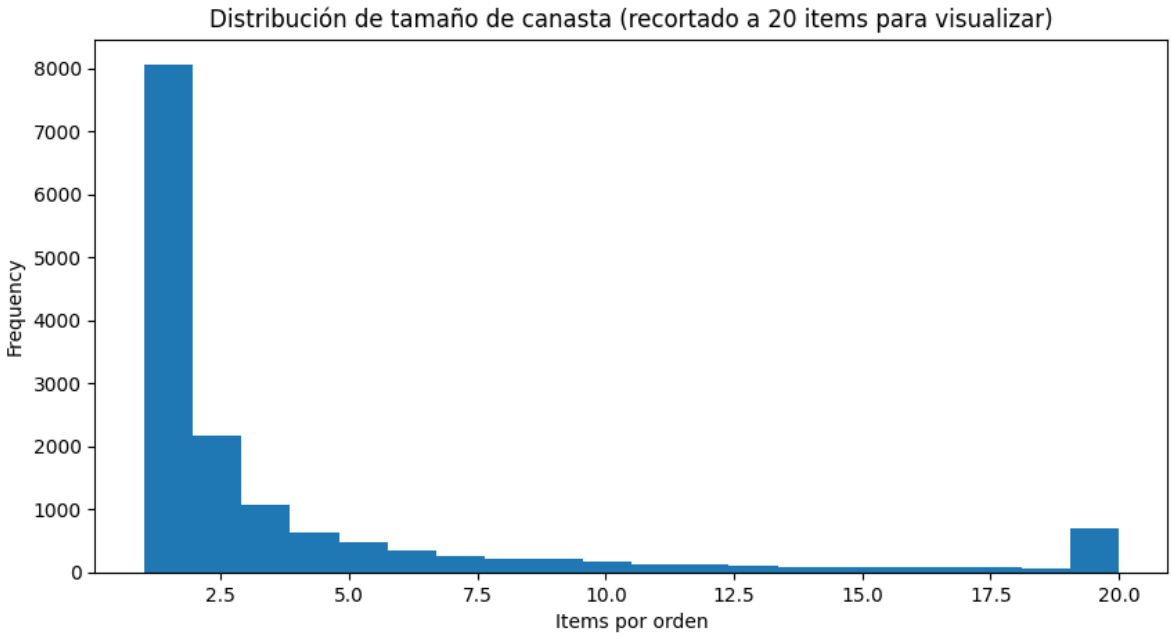
La demanda presenta una distribución relativamente estable entre los cuatro meses, aunque el Mes 2 registra un menor número de transacciones frente a los demás periodos. Esta información permite observar que la operación mantiene una carga constante, por lo que las

mejoras en el picking deberían orientarse a un funcionamiento permanente y no únicamente a picos aislados de demanda.

4.4.3. Distribución del tamaño de canasta

El tamaño de canasta corresponde al número de ítems incluidos dentro de cada orden. Este indicador permite diferenciar pedidos simples de pedidos más complejos, considerando que las órdenes con varios productos requieren mayor recorrido, búsqueda, validación y coordinación entre picking y packing. La Figura 4 presenta la distribución del tamaño de canasta por número de ítems, recortada hasta 20 ítems para facilitar su visualización.

Figura 4. *Distribución del tamaño de canasta por número de ítems*



Nota: Elaboración propia.

La distribución evidencia una concentración importante de pedidos con pocos ítems, especialmente órdenes de un solo producto. Sin embargo, también se observa la existencia de pedidos con múltiples ítems, los cuales generan mayor exigencia operativa y justifican la necesidad de analizar relaciones entre productos dentro de una misma orden. La Tabla 19 complementa la lectura de la figura mediante la clasificación de las órdenes según el número de ítems.

Tabla 19. *Clasificación de órdenes según tamaño de canasta*

Tipo de orden	Número de órdenes	Participación
Órdenes de un solo ítem	8.055	53,5 %
Órdenes multi-ítem	7.011	46,5 %
Total de órdenes	15.066	100 %

Nota: Elaboración propia a partir del análisis de canastas del dataset operativo.

La presencia de 7.011 órdenes multi-ítem muestra que casi la mitad de los pedidos requiere gestionar más de un producto. Esta condición incrementa la importancia de revisar la ubicación de los SKUs, la relación entre productos y los controles de verificación durante la preparación de pedidos.

4.4.4. Comportamiento geográfico de los pedidos

El análisis geográfico permite identificar las ciudades con mayor concentración de transacciones dentro de la base de datos. Esta información ayuda a comprender la distribución de la demanda y puede aportar criterios para el seguimiento de clientes, zonas comerciales y frecuencia de pedidos. La Tabla 20 presenta las principales ciudades registradas en el dataset según número de transacciones.

Tabla 20. *Principales ciudades según número de transacciones*

Ciudad	Número de transacciones	Participación aproximada
Guayaquil	24.743	37,4 %
Quito	4.134	6,2 %
Manta	2.445	3,7 %
Santo Domingo	1.994	3,0 %
Machala	1.963	3,0 %
Portoviejo	1.753	2,7 %
Quevedo	1.710	2,6 %
Cuenca	1.466	2,2 %
Loja	1.346	2,0 %
Riobamba	1.329	2,0 %

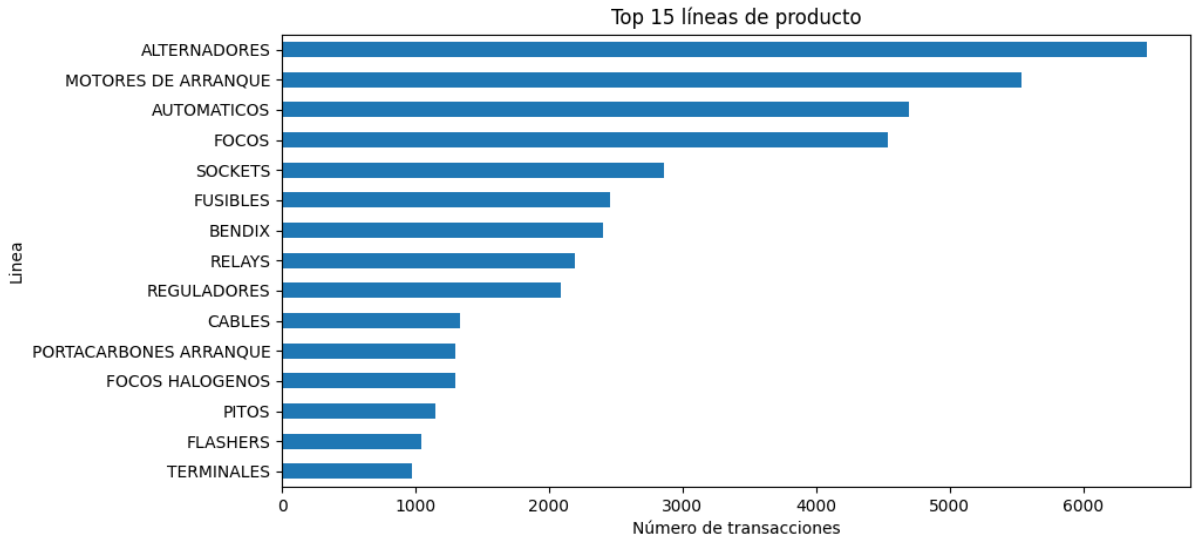
Nota: Elaboración propia a partir del análisis geográfico del dataset operativo.

Los resultados muestran que Guayaquil concentra la mayor cantidad de transacciones, lo cual es coherente con la ubicación del centro de distribución. Aunque también existen pedidos hacia otras ciudades, la mayor concentración local refuerza la importancia de optimizar la operación interna del almacén para sostener una atención eficiente.

4.4.5. Líneas de producto con mayor movimiento

Realizar el análisis por líneas de producto hace que sea más sencillo reconocer qué grupos tienen mayor concentración en labores dentro de las transacciones registradas. Información que vienen a ser muy importante para el diagnóstico del picking, ya que las líneas con mayor movimiento pueden generar mayor carga operativa, necesidad de reposición, recorridos frecuentes y controles específicos. La Figura 5 presenta las quince líneas de producto con mayor número de transacciones durante el periodo analizado.

Figura 5. *Líneas de producto con mayor número de transacciones*



Nota: Elaboración propia.

Entre las líneas con mayor movimiento se identifican alternadores, motores de arranque, automáticos, focos, sockets, fusibles, bendix, relays y reguladores. Esta concentración permite reconocer qué grupos de productos requieren mayor atención en la organización de bodega, debido a su incidencia directa en la preparación de pedidos.

El comportamiento de estas líneas evidencia que el proceso de picking debe gestionar tanto productos de alta frecuencia como artículos de distintas familias, tamaños y características. Por ello, la organización física del inventario y la actualización de ubicaciones se convierten en elementos clave para reducir tiempos de búsqueda, recorridos innecesarios y posibles errores de selección.

4.5. Segmentación de productos y clasificación operativa

La segmentación de productos permite clasificar los SKUs según su comportamiento dentro de la demanda y su utilidad para el análisis operativo del picking. En la evaluación, esta clasificación ayuda a que se reconozcan qué productos tienen mayor concentración en cuanto a movimiento, cuáles presentan menor rotación y qué grupo se mantienen permanente como referencia general dentro del inventario.

Esta segmentación viene a ser muy importante ya que el centro de distribución se maneja con una alta variedad de productos, códigos, marcas y líneas. Es por esa razón que no todos los SKUs tienen el mismo impacto en la preparación de pedidos, ciertos productos pueden aparecer con mayor frecuencia en las órdenes, mientras que otros tienen menor movimiento, pero se pueden relacionar con productos de alta rotación dentro de una misma canasta.

4.5.1. Criterios de segmentación de productos

La clasificación operativa utilizada en el análisis considera tres segmentos principales: productos estrella, candidatos de baja rotación y otros productos. Cada segmento cumple una función distinta dentro del diagnóstico, debido a que permite diferenciar el comportamiento de los SKUs y su incidencia en la operación de picking. La Tabla 21 presenta los criterios utilizados para interpretar cada segmento de producto dentro del análisis.

Tabla 21. *Criterios de segmentación operativa de productos*

Segmento	Criterio operativo	Interpretación dentro del diagnóstico
Estrella	Producto con mayor presencia o relevancia dentro de la demanda histórica	Representa artículos de mayor movimiento dentro del picking
Candidato de baja rotación	Producto con menor movimiento, pero con posibilidad de análisis por relación con otros SKUs	Permite identificar artículos que podrían generar recorridos adicionales o requerir revisión logística
Otro	Producto que no forma parte directa de los dos grupos anteriores	Sirve como referencia general del comportamiento del inventario

Nota: Elaboración propia a partir de la segmentación contenida en el dataset operativo.

La segmentación permite organizar el análisis de productos sin asumir que todos los artículos requieren la misma prioridad operativa. Esta clasificación sirve como base para identificar grupos con mayor incidencia en la demanda, productos que podrían requerir control adicional y referencias que forman parte del comportamiento general del inventario.

4.5.2. Distribución de productos por segmento

La distribución de registros por segmento permite conocer la composición general de la base de datos según la clasificación operativa de los productos. Este análisis se realiza a nivel de registros o líneas de pedido, debido a que cada fila representa una transacción asociada a un SKU dentro de una orden. La Tabla 22 presenta la distribución de registros por segmento de producto.

Tabla 22. *Distribución de registros por segmento de producto*

Segmento	Número de registros	Porcentaje
Otro	23.965	36,2 %
Candidato de baja rotación	21.304	32,2 %
Estrella	20.884	31,6 %
Total	**66.153**	**100 %**

Nota: Elaboración propia a partir del análisis del dataset operativo.

En los hallazgos se puede observar que hay una distribución relativamente equilibrada entre los tres segmentos. El grupo “Otro” tienen la mayor concentración en cuanto a la proporción de registros, seguido por los candidatos de baja rotación y los productos estrella. Esta estructura hace que se pueda observar que la operación no depende únicamente de productos de alta rotación, sino que también depende de una cantidad importante de artículos con menor movimiento y referencias generales.

4.5.3. Identificación de productos estrella, candidatos de baja rotación y otros productos

En cuanto a la identificación de productos por segmento permite que se reconozca el alcance operativo del inventario analizado. La base contiene 6.930 productos únicos, lo cual confirma la alta variedad de referencias gestionadas por el centro de distribución. Esta diversidad aumenta la complejidad del picking, específimente cuando existen códigos similares, productos de distintas líneas y pedidos con varios ítems.

En lo que compete a las canastas multi-ítem se pudieron identificar productos estrella y candidatos de baja rotación los cuales pueden ser analizados posteriormente para revisar

relaciones entre artículos. La Tabla 23 presenta la cantidad de productos identificados según su uso dentro del análisis operativo.

Tabla 23. *Productos identificados para el análisis operativo*

Categoría de análisis	Cantidad identificada	Utilidad dentro del diagnóstico
Productos únicos en la base	6.930	Evidencian la amplitud del portafolio gestionado
Productos estrella en canastas multi-ítem	659	Permiten identificar artículos frecuentes dentro de órdenes con varios productos
Productos candidatos de baja rotación en canastas multi-ítem	4.298	Permiten reconocer artículos de menor movimiento presentes en pedidos compuestos
Órdenes multi-ítem	7.011	Sirven para analizar combinaciones de productos dentro de una misma orden

Nota: Elaboración propia a partir del análisis de productos y canastas del dataset operativo.

La presencia de productos estrella y candidatos de baja rotación dentro de órdenes multi-ítem muestra que el picking no solo debe atender productos frecuentes, sino también referencias de menor movimiento que pueden aparecer junto a artículos de alta demanda. Esta condición refuerza la necesidad de revisar la organización de productos, la ubicación física de los SKUs y los controles de verificación durante la preparación de pedidos.

4.6. Análisis de tiempos del proceso de picking

El análisis de tiempos permite evaluar la duración asociada a la preparación de pedidos dentro del centro de distribución. Esta información es relevante porque el tiempo de picking impacta directamente en la productividad operativa, la capacidad de despacho, la carga de trabajo del personal y la capacidad de atención al cliente.

El proceso de diagnóstico tiene en cuenta los tiempos registrados por el sistemas, así como una comparación del tiempo de picking total según segmento de producto. Este análisis permite identificar fluctuaciones de tiempos y detectar posibles diferencias entre grupos de SKUs.

4.6.1. Tiempo promedio, mínimo y máximo de picking

Durante el periodo analizado se identificó un tiempo promedio de picking de 23 minutos por pedido, con un tiempo mínimo de 2 minutos y un tiempo máximo de 45 minutos. Estos valores corresponden al registro operativo consolidado del proceso y permiten establecer una referencia general sobre la duración de la preparación de órdenes. La Tabla 24 presenta los principales indicadores de tiempo del proceso de picking.

Tabla 24. *Indicadores generales de tiempo del proceso de picking*

Indicador	Resultado	Interpretación operativa
Pedidos analizados	15.066	Base de órdenes utilizadas para el análisis de tiempos
Tiempo promedio de picking	23 minutos	Referencia general de duración del proceso por pedido
Tiempo mínimo registrado	2 minutos	Corresponde a pedidos simples o de baja complejidad
Tiempo máximo registrado	45 minutos	Corresponde a pedidos de mayor complejidad operativa
Registro por etapa del proceso	No disponible	Limita la identificación exacta del punto donde se concentra la demora

Nota: Elaboración propia a partir de los registros operativos proporcionados por la empresa objeto de estudio.

El tiempo promedio evidencia que la preparación de pedidos requiere una cantidad considerable de minutos por orden. Sin embargo, al no contar con tiempos desagregados por etapa, no es posible determinar con precisión si la mayor duración se concentra en la búsqueda del producto, el recorrido interno, la recolección, la validación o la entrega a packing.

4.6.2. Tiempo de picking total por segmento

El análisis del tiempo de picking por segmento permite comparar el comportamiento promedio de los registros asociados a cada grupo de producto. Para ello, se consideraron las variables Tiempo_SKU_Picking, Tiempo_Recorrido y Tiempo_Picking_Total, expresadas en segundos. Esta revisión permite identificar diferencias operativas entre productos estrella, candidatos de baja rotación y productos clasificados como otros. La Tabla 25 presenta los tiempos promedio registrados por segmento de producto.

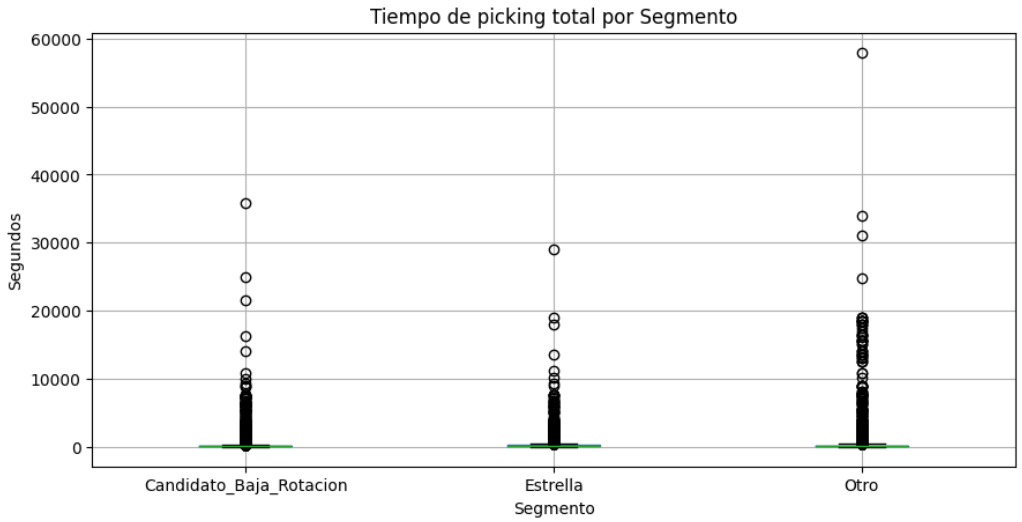
Tabla 25. *Tiempos promedio de picking por segmento de producto*

Segmento	Tiempo_SKU_Picking promedio (segundos)	Tiempo_Recorrido promedio (segundos)	Tiempo_Picking_Total promedio (segundos)	Equivalente aproximado del tiempo total
Candidato de baja rotación	31,6	125,1	160,2	2,67 min
Estrella	31,6	125,1	220,0	3,67 min
Otro	31,5	125,1	224,3	3,74 min

Nota: Elaboración propia a partir del análisis de tiempos del dataset operativo.

En los hallazgos se puede observar que el tiempo promedio asociado a cada SKU y a la distancia de desplazamientos que son bastante similares en todos los segmentos. No obstante, el Tiempo_Picking_Total es menor para los artículos de baja rotación y mayor para los productos más vendidos y en el grupo otros. Esta diferencia puede deberse a la estructura de los pedidos, la cantidad de artículos por pedido, la ubicación física de los SKU o el desplazamiento adicional necesario durante la preparación. La Figura 6 presenta la dispersión del tiempo de picking total por segmento, considerando los registros disponibles en el dataset.

Figura 6. *Tiempo de picking total por segmento*



La figura evidencia que los tres segmentos presentan concentración de datos en valores bajos, pero también registran valores atípicos. Estos valores extremos pueden asociarse con

pedidos de mayor complejidad, mayor número de ítems, dificultad para localizar productos, recorridos internos extensos o novedades durante la preparación.

4.6.3. Interpretación operativa de los tiempos registrados

Los tiempos registrados evidencian que el proceso de picking presenta variabilidad según la complejidad del pedido y las características de los productos seleccionados. Aunque los promedios por segmento permiten observar diferencias entre grupos de productos, la presencia de valores atípicos indica que existen pedidos o registros que demandan mayor esfuerzo operativo.

El tiempo promedio por segmento no debe interpretarse de forma aislada, debido a que la duración del picking también depende del número de ítems por orden, la ubicación física de los productos, la disponibilidad de stock, la similitud entre códigos, la experiencia del operador y la necesidad de correcciones antes de entregar el pedido al área de packing.

Viéndolo desde la perspectiva del diagnóstico, los hallazgos demuestran que si hay una oportunidad de mejora en la organización del picking. Al notar la presencia de tiempos variables y valores extremos se justifica la necesidad de fortalecer el control de productos críticos, actualizar ubicaciones, revisar recorridos internos y monitorear indicadores mediante un dashboard operativo.

De la misma manera, se logra identificar una limitante muy relevante, ya que, la base de datos no muestra tiempos desagregados por cada etapa del proceso. Es por eso que no es posible que se determine con exactitud si las demoras se originan en la búsqueda del producto, el recorrido, la validación, la recolección o la entrega a packing. Esta limitación será considerada en la propuesta de mejora, especialmente en el diseño de indicadores y seguimiento operativo.

4.7. Análisis de errores, reclamos, devoluciones y reprocesos

El análisis de errores, reclamos, devoluciones y reprocesos permite identificar el impacto que tienen las incidencias del picking sobre la operación del centro de distribución. Estas novedades afectan la continuidad del proceso, debido a que pueden generar correcciones internas, retrasos en el despacho, reprocesos operativos o afectación directa al cliente.

En el periodo analizado, la empresa registró información general sobre pedidos y errores asociados al proceso de picking. Sin embargo, el registro histórico disponible no se

encuentra completamente desagregado por pedido, SKU, causa específica u operador, lo cual limita la posibilidad de realizar un análisis más detallado de las incidencias.

4.7.1. Errores registrados en el proceso de picking

Durante el cuatrimestre analizado se identificaron 16.544 pedidos asociados al registro de errores, de los cuales 3.308 presentaron alguna incidencia relacionada con el proceso de picking. Esta información permite estimar la proporción de errores dentro del total de pedidos revisados. La Tabla 26 presenta los principales datos relacionados con los errores registrados en el proceso de picking.

Tabla 26. *Errores registrados en el proceso de picking*

Indicador	Resultado	Interpretación operativa
Pedidos considerados para análisis de errores	16.544	Base de pedidos utilizada para revisar incidencias
Errores registrados	3.308	Pedidos o casos con novedad asociada al picking
Tasa estimada de error	20,0 %	Proporción de errores respecto al total de pedidos considerados
Pedidos sin error registrado	13.236	Pedidos que no presentan incidencia reportada

Nota: Elaboración propia a partir de los reportes operativos proporcionados por la empresa objeto de estudio.

En los hallazgos se puede observar que la tasa estimada de error muestre una proporción bastante importante dentro del proceso operativo, es decir, gracias a esta circunstancia es que se evidencia la necesidad de fortalecer los controles de selección, ubicación, verificación y registro de novedades, específicamente en productos que tengan similitud en cuanto a código, descripción o presentación.

4.7.2. Reclamos, devoluciones y reprocesos asociados

Los errores registrados pueden derivar en diferentes consecuencias operativas. Algunos se convierten en reclamos por parte del cliente, otros generan devoluciones y otros requieren reprocesos internos para corregir el pedido antes o después del despacho. Esta clasificación permite comprender el impacto de las incidencias más allá del momento en que se produce el error. La Tabla 27 presenta la distribución de las incidencias asociadas a los errores de picking.

Tabla 27. *Distribución de reclamos, devoluciones y reprocesos asociados a errores de picking*

Tipo de incidencia	Participación sobre errores registrados	Frecuencia estimada	Impacto operativo
Reclamos	75 %	2.481	Afectan la percepción del cliente y requieren atención posterior
Devoluciones	5 %	165	Generan retorno de producto y revisión administrativa u operativa
Reprocesos	20 %	662	Implican volver a revisar, corregir o completar el pedido
Total	100 %	3.308	Representa el conjunto de incidencias asociadas a errores

Nota: Elaboración propia a partir de los reportes operativos de la empresa. Las frecuencias de devoluciones y reprocesos se presentan como valores aproximados por redondeo.

La mayoría de los problemas reportados son quejas de clientes, lo que significa que una proporción significativa de errores afecta negativamente la relaciones con los clientes. El retrabajo también representa una carga operativa considerable, ya que requiere tiempo, personal adicional y una revisión completa del pedido. Las devoluciones, aunque menos frecuentes, también tiene consecuencias administrativas y logísticas.

4.7.3. Limitaciones del registro histórico de errores

El análisis de errores tiene limitaciones relacionadas con el nivel de detalle de la información. Aunque la empresa cuenta con registros generales de errores, reclamos, devoluciones y reprocesos, no siempre existe trazabilidad completa que permita relacionar cada incidencia con un pedido específico, SKU, operador, causa o etapa exacta de detección. La Tabla 28 resume las principales limitaciones identificadas en el registro histórico de errores.

Tabla 28. *Limitaciones del registro histórico de errores*

Limitación identificada	Efecto en el diagnóstico	Implicación operativa
Errores no siempre vinculados a SKU específico	Dificulta identificar productos con mayor frecuencia de error	Limita la priorización de productos problemáticos
Falta de detalle por causa de error	No permite diferenciar con precisión errores por ubicación, cantidad, código o selección	Reduce la capacidad de aplicar acciones correctivas específicas
Registro no desagregado por etapa	No permite saber si el error se originó en picking, packing, inventario o despacho	Dificulta ubicar el punto crítico del proceso
Ausencia de trazabilidad por operador	Limita el análisis de carga de trabajo o necesidades de capacitación	Impide diferenciar problemas del sistema, proceso o ejecución
Información agregada de reclamos y reprocesos	Permite análisis general, pero no seguimiento detallado	Restringe el diseño de indicadores más específicos

Nota. Elaboración propia a partir del diagnóstico de la información disponible.

Es evidente que por estas limitantes resulta un poco difícil hacer un diagnóstico general del proceso, pero sí se reduce a un análisis más profundo acerca de las causas específicas de los errores. Es por esa razón que llegar a registrar las novedades que hay se debe considerar como un aspecto crítico para mejorar el control operativo del picking y fortalecer la toma de decisiones basada en datos.

4.8. Hallazgos principales del diagnóstico

Los principales hallazgos de esta evaluación combinan información obtenida de la descripción del proceso actual, la segmentación de productos, los tiempos de preparación de pedidos y el análisis de errores. Estos hallazgos ayudan a identificar los desafíos operativos más importantes más importantes y las áreas de mejora, que servirán de base para la solución propuesta.

El diagnóstico confirma que el proceso de picking está respaldado por la tecnología, principalmente mediante SAP Business One y dispositivos handheld. Aun así, muchas

actividades todavía dependen de la experiencia del personal, actualizaciones precisas de la ubicación, controles visuales y una comunicación efectiva entre picking y packing.

4.8.1. Problemas operativos identificados

Los problemas operativos identificados tienen que ver con la alta variedad de SKUs, la presencia de productos similares, la existencia de pedidos multi-ítem, la variabilidad en los tiempos de picking y la falta de registros históricos detallados sobre errores. Estas variables aumentan la complejidad del proceso para así generar oportunidades de mejora en el control operativo. Posteriormente, en la Tabla 29 se muestra los principales problemas identificados en el diagnóstico.

Tabla 29. *Problemas operativos identificados en el diagnóstico*

Problema identificado	Evidencia diagnóstica	Efecto sobre el picking
Alta variedad de SKUs	La base contiene 6.930 productos únicos	Incrementa la dificultad de ubicación y control de referencias
Pedidos con varios ítems	Se identificaron 7.011 órdenes multi-ítem	Aumenta recorridos, validaciones y posibilidad de error
Dependencia de ubicación actualizada	El operador requiere información correcta del sistema y ubicación física	Puede generar búsqueda manual o retrasos si la ubicación no coincide
Productos similares	Existen códigos, descripciones o presentaciones que pueden confundirse	Incrementa el riesgo de selección incorrecta
Variabilidad en tiempos de picking	Se registran tiempos promedio y valores atípicos por segmento	Evidencia diferencias de complejidad entre pedidos
Tasa estimada de error	Se registraron 3.308 errores sobre 16.544 pedidos	Genera reclamos, devoluciones y reprocesos
Registro limitado de errores	No siempre existe trazabilidad por pedido, SKU, causa o etapa	Dificulta identificar causas específicas y aplicar controles focalizados

Nota: Elaboración propia a partir de los resultados del diagnóstico operativo.

Es decir, los problemas que se han identificado demuestran que la mejora del picking no debe enfocarse únicamente en incrementar la velocidad de preparación, sino que también debe enfocarse en fortalecer la organización de productos, la trazabilidad de novedades, el control de SKUs críticos y la disponibilidad de información para la toma de decisiones.

4.8.2. Oportunidades de mejora

A partir de los problemas identificados, se reconocen oportunidades de mejora orientadas a fortalecer la gestión operativa del picking. Estas oportunidades se relacionan con el uso de datos, clasificación de productos, control de errores, actualización de ubicaciones y monitoreo mediante indicadores. La Tabla 30 presenta las oportunidades de mejora derivadas del diagnóstico.

Tabla 30. *Oportunidades de mejora identificadas en el proceso de picking*

Oportunidad de mejora	Justificación diagnóstica	Resultado esperado
Mejorar la organización de productos	Existen productos con distinta rotación y comportamiento operativo	Facilitar la localización y reducir recorridos
Actualizar y validar ubicaciones	El picking depende de la correspondencia entre sistema y ubicación física	Disminuir búsqueda manual y errores de localización
Identificar productos críticos	Algunos SKUs concentran mayor movimiento o riesgo de confusión	Priorizar controles sobre productos de mayor impacto
Registrar errores con mayor detalle	La información histórica no siempre vincula error, SKU, causa y etapa	Fortalecer el análisis de incidencias y acciones correctivas
Monitorear indicadores de picking	El proceso requiere seguimiento de tiempos, pedidos y errores	Mejorar la visibilidad del desempeño operativo
Analizar relaciones entre productos	Los pedidos multi-ítem permiten observar combinaciones de SKUs	Apoyar decisiones de ubicación y preparación de pedidos

Nota: Elaboración propia a partir de los hallazgos del diagnóstico.

Estas oportunidades muestran que el centro de distribución dispone de información útil para mejorar el proceso, pero requiere estructurarla mediante herramientas analíticas que permitan convertir los datos operativos en criterios de decisión logística.

4.8.3. Relación entre el diagnóstico y la propuesta de mejora

El diagnóstico realizado permite establecer una relación directa con la propuesta de mejora, debido a que los problemas identificados requieren acciones orientadas al análisis de datos, priorización de productos, control de errores y reorganización del picking. La alta variedad de SKUs, la existencia de pedidos multi-ítem y la presencia de productos con comportamientos diferenciados justifican el uso de técnicas analíticas para apoyar la toma de decisiones. La Tabla 31 vincula los principales hallazgos del diagnóstico con los componentes que serán desarrollados en la propuesta de mejora.

Tabla 31. *Relación entre hallazgos del diagnóstico y componentes de la propuesta*

Hallazgo del diagnóstico	Necesidad identificada	Componente asociado en la propuesta
Alta diversidad de productos y segmentos	Priorizar SKUs según comportamiento operativo	Priorización operativa de SKUs
Presencia de pedidos multi-ítem	Analizar relaciones entre productos solicitados juntos	Reglas de asociación
Variabilidad en tiempos de picking	Monitorear tiempos y comportamiento operativo	Dashboard de indicadores
Productos con posible riesgo de confusión	Fortalecer control y validación de productos críticos	Control de productos críticos
Errores, reclamos y reprocesos	Registrar y hacer seguimiento de incidencias	Gestión de novedades operativas
Dependencia de ubicación física y sistema	Revisar ubicación de productos y recorridos	Reubicación estratégica de productos
Necesidad de seguimiento periódico	Convertir datos en información para decisión	Dashboard y modelo analítico

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados del diagnóstico y la estructura de la propuesta de mejora.

CAPÍTULO V

PROPUESTA DE MEJORA BASADA EN ANALÍTICA DE DATOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

5.1. Objetivo de la propuesta

La propuesta busca desarrollar un modelo de mejora basado en análisis de datos e inteligencias artificial para el proceso de preparación de pedidos en el centro distribución. Este modelo identificara las relaciones entre productos, priorizara los artículos con mayor impacto operativa y facilitara la reorganización estratégica del inventario. Esto reducirá el tiempo, los errores y las repeticiones de trabajo en la preparación de pedidos.

El modelo propuesto se basa en el análisis de datos históricos sobre pedidos, productos, frecuencia de demanda, tiempos de picking, segmentación de artículos y patrones de compra comunes. Con esta información, se desarrollan reglas de asociación y un modelo de ranking para generar recomendaciones de productos relacionados, lo que facilita la toma de decisiones sobre la ubicación, abastecimiento y control operativo dentro del área de picking.

5.2. Alcance de la propuesta

El alcance de la propuesta está compuesto por el diseño de un modelo analítico orientado que sirve para mejorar la organización del proceso de picking bajo el uso de datos operativos del centro de distribución. Además, la propuesta toma en cuenta el análisis de pedidos históricos, identificación de productos estrella, productos candidatos de baja rotación, canastas de compra, relaciones entre SKUs, tiempos de picking y variables de contexto que tengan que ver con la operación logística.

También se puede decir que la propuesta toma en cuenta la aplicación de reglas de asociación que sirven para identificar productos que se solicitan en conjunto dentro de una misma orden, específicamente en aquellos pares conformados por un producto de alta rotación y un producto candidato de baja rotación. Esta vinculo hace posible que se pueda establecer criterios para una posible reubicación estratégica de productos dentro de la bodega, tomando en cuenta a los artículos que se piden juntos con mayor frecuencia ya que estos se podrían ubicar en un lugar más cercano esto con el objetivo de facilitar el recorrido operativo.

También se incorpora una capa de ranking mediante Random Forest, cuyo propósito es ordenar las recomendaciones de productos candidatos considerando variables como soporte,

confianza, lift, ciudad, mes, semana, día, cantidad del producto estrella, precio del producto estrella y stock del producto candidato. Este componente no reemplaza las reglas de asociación, sino que complementa el análisis al incorporar variables de contexto para priorizar las recomendaciones.

El alcance además toma en cuenta el diseño de un prototipo interactivo en Google Colab en donde se puede consultar recomendaciones y estructuración de un dashboard en Power BI que sirve para ver indicadores que estén vinculados con SKUs, demanda, tiempos, errores y oportunidades de mejora. Sin embargo, en la propuesta no se toma en cuenta la implementación definitiva del sistema en la operación real de la empresa ni tampoco el desarrollo de un software empresarial propio, sino que se enfoca en el diseño de una solución analítica aplicable como base para futuras mejoras operativas.

5.3. Modelo analítico propuesto para la optimización del picking

El modelo analítico propuesto se estructura como una herramienta de apoyo para la toma de decisiones logísticas, orientada a transformar los datos históricos del proceso de picking en información útil para la organización del inventario y la priorización de productos. Su finalidad no se limita a recomendar productos desde una perspectiva comercial, sino utilizar los patrones de compra conjunta como criterio para mejorar la disposición física de los artículos dentro de la bodega.

El planteamiento inicia desde que ciertos productos que aparecen juntos con frecuencia en un mismo orden, vienen a tener una relación operativa que puede ser aprovechada para disminuir desplazamientos, facilitar la preparación de pedidos y reducir posibles errores por búsqueda o selección. Entonces se dice que, bajo esta lógica, el modelo usa información de canastas de compra, segmentación de productos y métricas de asociación para identificar pares de SKUs relevantes para el proceso de picking.

5.3.1. Estructura general del modelo

El prototipo está compuesto por seis componentes principales, iniciando con la base de datos operativa, depuración de información, análisis exploratorio, reglas de asociación, ranking mediante Random Forest y finalizando con la visualización de resultados. Cada elemento tiene que cumplir una función específica dentro del proceso analítico el cual permite que se avance desde la información histórica hacia una propuesta de mejora basada en evidencia.

A continuación, en la Figura 7 se muestra la estructura general del modelo analítico propuesto, incluyendo el procesamiento de datos, la identificación que hay entre productos y la generación de recomendaciones para apoyar la reorganización del picking.

Figura 7. *Estructura general del modelo analítico propuesto para la optimización del picking*

Nota: Elaboración propia.

El primer componente corresponde a la base de datos operativa, conformada por registros de pedidos, SKUs, fechas, cantidades, ciudades, líneas de producto, marcas, segmentos, stock, precios y tiempos de picking. Esta información constituye la entrada principal del modelo y permite caracterizar el comportamiento de la demanda dentro del centro de distribución.

El segundo componente consiste en la limpieza de datos. Esto incluye la verificación de valores faltantes, duplicados, inconsistencias en códigos y formatos de fecha, y posibles anomalías en variables financieras u operativas. Esta fase es necesaria para evitar que los errores de ingreso de datos distorsionen los resultados del análisis.

El tercer componente corresponde al análisis exploratorio de datos, mediante el cual se evalúa la distribución de productos por segmento, el tamaño de las canastas de compra, la frecuencia de productos, el comportamiento temporal, la concentración geográfica, las variables financieras y los tiempos de picking.

En el cuarto componente se aplica algunas reglas de asociación que sirven para identificar las relaciones que hay entre productos populares y productos candidatos de baja rotación. Para esto se usan métricas como soporte, confianza y lift, las mismas que pueden hacer que se determine la frecuencia, probabilidad y fuerza de asociación entre los productos analizados.

Por otro lado, en el quinto elemento se toma en cuenta al modelo Random Forest como una capa de ranking, con la finalidad de que se priorice las recomendaciones generadas por las reglas de asociación, tomando en cuenta las variables contextuales y operativas disponibles en la base de datos.

Como punto final, el sexto componente corresponde a la visualización de resultados mediante un prototipo interactivo y dashboards, con el propósito de facilitar la consulta de recomendaciones, el seguimiento de indicadores y la toma de decisiones sobre la organización del inventario.

5.3.2. Variables utilizadas en el análisis

El modelo utiliza variables operativas, comerciales, temporales, geográficas y logísticas, debido a que el comportamiento del picking no depende únicamente del código del producto, sino también de la frecuencia de demanda, cantidad solicitada, ubicación contextual del pedido, stock disponible y tiempo estimado de preparación. Las variables consideradas se detallan en la Tabla 32.

Tabla 32. *Variables consideradas en el modelo analítico*

Grupo de variables	Variables utilizadas	Uso dentro del modelo	Técnica relacionada
Identificación de pedido	ID_Orden, Tipo_Documento	Construcción de canastas de compra y agrupación de productos por orden	Market Basket Analysis
Identificación de producto	Codigo, Nombre_Articulo, Descripcion_Clasificacion	Reconocimiento de SKUs y análisis de productos relacionados	Reglas de asociación
Clasificación de producto	Categoria_Articulo, Linea, Grupo_Articulo, Marca	Segmentación de productos y análisis por familia o marca	Análisis descriptivo y ranking
Segmentación operativa	Clase_Rotacion, Segmento	Diferenciación entre productos estrella, candidatos de baja	Reglas Estrella → Candidato

		rotación y otros productos	
Demanda	Cantidad, frecuencia por SKU	Identificación de productos con mayor movimiento y participación en pedidos	ABC, Pareto y análisis descriptivo
Variables temporales	Fecha, Año, Mes, Semana, Dia	Análisis de comportamiento por periodo y contexto de compra	Random Forest
Variables geográficas	Ciudad, Provincia_Cliente	Identificación de patrones de demanda por zona	Random Forest
Variables financieras	Precio, Pct_Descuento, Venta_Neta, Renta_Bruta, Pct_Utilidad	Evaluación del perfil comercial de los productos recomendados	Análisis exploratorio
Variables logísticas	Stock_Actual, Tiempo_SKU_Picking, Tiempo_Recorrido, Tiempo_Picking_Total	Análisis de disponibilidad, tiempo operativo y línea base del picking	Indicadores y propuesta de mejora

Nota: Elaboración propia.

Elegir estos elementos hace posible la vinculación del análisis comercial de las órdenes con la gestión logística del almacén. Entonces se dice que las recomendaciones generadas no se limitan a productos que se compran juntos, sino que también se toma en cuenta a los elementos útiles que sirven para priorizar decisiones de ubicación, abastecimiento y control del proceso de picking.

5.3.3. Flujo de procesamiento de datos

El flujo de procesamiento de datos inicia con la carga del dataset unificado, el cual integra información de pedidos, productos, clasificación, segmentos, tiempos y variables comerciales. Posteriormente, se realiza la normalización de los códigos de producto para evitar

diferencias generadas por formatos inconsistentes, especialmente cuando los códigos pueden ser interpretados como números o fechas.

Luego se filtran las canastas multi-ítem, debido a que las reglas de asociación requieren órdenes que contengan dos o más productos. Las órdenes con un solo artículo no aportan información de co-ocurrencia, por lo que son excluidas únicamente para esta fase del análisis.

Posteriormente, se dividen los productos de acuerdo a su segmento operativo, para que así se diferencie los productos más populares de los productos candidatos de baja rotación. Gracias a esta clasificación se puede llegar a construir matrices de co-ocurrencia lo que ayuada a identificar qué productos aparecen juntos dentro de una misma orden, este proceso es importante ya que ayuda a calcular las métricas de soporte, confianza y lift sin generar combinaciones innecesarias de productos que no aportan al objetivo logístico.

Después de obtener las reglas de asociación, se aplican umbrales mínimos de conteo, confianza y lift para conservar únicamente relaciones con suficiente evidencia histórica. Estas reglas filtradas se utilizan como base para generar recomendaciones entre productos estrella y productos candidatos.

Posteriormente, se construye una base de entrenamiento para el modelo Random Forest, en la cual cada fila representa una combinación entre un producto estrella y un candidato recomendado. El elemento objetivo muestra si el producto candidato estuvo presente o no en la orden analizada, esto se hace para que el modelo aprende a priorizar recomendaciones tomando en cuenta tanto las métricas de asociación como el contexto de la orden.

Finalmente, los hallazgos tienen presentes a dos salidas principales la una es el prototipo interactivo en Google Colab que sirve para consultar recomendaciones por producto estrella y la otra es un dashboard en Power BI que se usa para visualizar indicadores operativos. Este flujo permite pasar de los registros históricos a una herramienta de apoyo para decisiones logísticas relacionadas con la organización del picking.

5.4. Priorización operativa de SKUs para la mejora del picking

La priorización operativa de SKUs constituye un componente necesario dentro de la propuesta, debido a que permite enfocar las acciones de mejora en los productos con mayor incidencia dentro del proceso de picking. A partir del diagnóstico realizado, se identificaron segmentos de productos con comportamientos diferenciados, los cuales sirven como base para

definir qué artículos deben recibir mayor atención en la organización física de la bodega, el control operativo y el análisis de recomendación.

En este apartado, la segmentación no se presenta como un resultado descriptivo, sino como un insumo para la toma de decisiones logísticas. Por ello, el análisis se orienta a establecer criterios de prioridad que permitan seleccionar productos relevantes para las reglas de asociación, el modelo de ranking, la reubicación estratégica y el monitoreo mediante dashboard.

5.4.1. Uso de la segmentación de productos en la propuesta

La segmentación de productos se utiliza dentro de la propuesta para diferenciar el rol operativo de cada grupo de SKUs. Los productos más populares son los elementos centrales de este modelo, ya que, aparecen con mayor frecuencia en los pedidos y suelen generar búsquedas de productos relacionados. Por el contrario, los artículos con baja rotación muestran un gran potencial de recomendación, especialmente cuando aparecen junto a productos estrella en la misma cesta de la compra. Los productos agrupados como “otros” se incluyen en el análisis general, aunque no constituyen el foco principal del modelo de recomendación.

Esta diferenciación permite evitar que todos los productos sean tratados con el mismo nivel de prioridad. En lugar de aplicar cambios generales sobre todo el inventario, la propuesta dirige la atención hacia los SKUs que pueden generar mayor impacto en recorridos, tiempos, errores y organización del picking. La Tabla 33 establece el uso operativo de cada segmento dentro de la propuesta de mejora.

Tabla 33. *Uso operativo de los segmentos de productos dentro de la propuesta*

Segmento de producto	Rol dentro de la propuesta	Aplicación en el proceso de picking
Producto estrella	Actúa como producto principal o producto gatillo del análisis	Permite iniciar la búsqueda de productos relacionados y priorizar zonas de alta accesibilidad
Candidato de baja rotación	Funciona como producto asociado con oportunidad de recomendación	Permite identificar artículos que podrían reubicarse cerca de productos estrella

Otro	Se mantiene como referencia del comportamiento general del inventario	Permite conservar una visión completa del portafolio sin ser el foco principal de recomendación

Nota: Elaboración propia.

La clasificación por segmentos permite que el modelo analítico se enfoque en relaciones operativas útiles para el picking. De esta manera, los productos estrella y los candidatos de baja rotación se convierten en los grupos principales para construir reglas de asociación, evaluar recomendaciones y definir criterios de ubicación dentro de la bodega.

5.4.2. Criterios para identificar productos críticos

Los productos críticos se definen como aquellos SKUs que, por su comportamiento dentro de los pedidos o por su impacto operativo, requieren mayor seguimiento dentro del proceso de picking. Esta criticidad no tiene que depender de manera única de la rotación individual, sino que también debe tomar en cuenta a la relación que tiene el producto con otros artículos, su frecuencia de aparición en órdenes, su posible riesgo de confusión y su influencia en los recorridos internos.

En lo que corresponde a la propuesta, un producto se puede llegar a considerar crítico si cumple uno o varios criterios logísticos. Estos criterios identifican que los SKUs requieren una evaluación más profunda antes de aplicar reglas de asociación, ranking o reubicación física. La Tabla 34 presenta los criterios definidos para identificar productos críticos dentro del modelo propuesto.

Tabla 34. *Criterios para identificar productos críticos en el proceso de picking*

Criterio de criticidad	Descripción operativa	Uso dentro de la propuesta
Alta frecuencia de picking	SKU con presencia recurrente en los pedidos históricos	Priorizar ubicación accesible y seguimiento en dashboard
Relación con productos estrella	SKU que aparece asociado a productos de alta rotación	Evaluar recomendación y posible cercanía física
Participación en canastas multi-ítem	Producto que aparece en órdenes con más de un artículo	Analizar patrones de compra conjunta
Riesgo de confusión	Producto con código, descripción o presentación similar a otro SKU	Aplicar señalización, separación o validación adicional

Mayor tiempo operativo	SKU o grupo de productos asociado a tiempos elevados de preparación	Revisar ubicación, recorrido y proceso de búsqueda
Disponibilidad de stock	Producto con existencia suficiente para sostener una ubicación prioritaria	Evitar priorizar artículos sin disponibilidad operativa

Nota: Elaboración propia.

Estos criterios permiten que la propuesta no dependa únicamente de la experiencia del personal o de la rotación general del inventario. Al combinar frecuencia, relación entre productos, riesgo operativo y disponibilidad, se obtiene una base más adecuada para decidir qué SKUs deben ser monitoreados, recomendados o considerados en una estrategia de slotting.

5.4.3. Selección de SKUs para el análisis de recomendación

La selección de SKUs para el análisis de recomendación se realiza a partir de los productos estrella y los candidatos de baja rotación identificados en el diagnóstico. Los productos más populares se usan como punto de partida ya que estos concentran mayor actividad dentro del picking, mientras que los productos que tienen baja rotación se los pone como artículos que incluyan una estrategia de recomendación o reubicación.

Para no tener que hacer un análisis demasiado amplio e impráctico, la propuesta no examina cada artículo del inventario con el mismo nivel de detalle. En cambio, se centra en las referencias SKUs que aparecen en canastas multi-ítem, ya que, este tipo de órdenes hace que sea posible identificar las relaciones que hay entre productos. Los pedidos de un solo artículo siguen siendo útiles para el análisis de la demanda, pero ofrecen poca información que pueda utilizarse para crear reglas de asociación.

La selección de referencias de SKUs sigue un enfoque que sea paso a paso. Ya que, primero, se miran los productos que tengan mayor importancia operativa dentro del proceso de picking. A continuación, solo se conservan aquellos que aparecen en pedidos de varios artículos. Luego, se mapean las relaciones entre los productos estrella y los candidatos de baja rotación. Sobre esta base, se aplican métricas de soporte, confianza y lift que ayudan a determinar qué relaciones son lo suficientemente sólidas como para incluirlas en el modelo de recomendación.

Esta perspectiva mantiene el análisis de recomendaciones totalmente alineado con el propósito principal de la propuesta. El objetivo no es solo impulsar recomendaciones de ventas,

sino que se debe proporcionar información que sea útil para mejorar la organización del picking, que se reduzca los desplazamientos innecesarios y para que así guie de mejor manera a la toma de decisiones sobre ubicación estratégica de productos dentro de la bodega.

5.5. Reglas de asociación para la identificación de productos relacionados

Las reglas de asociación ayudan a descubrir patrones frecuentes entre productos que se piden juntos. En el ámbito de esta propuesta, revelan qué candidatos de baja rotación aparecen con mayor frecuencia junto a los productos estrella. Esta información permite una organización de inventario más inteligente: los artículos que combinan naturalmente pueden colocarse cerca unos de otros o priorizarse para su reposición.

La estructura de reglas de asociación aplicada responde a la siguiente lógica "producto estrella → producto candidato de baja rotación". Lo que viene a significar lo siguiente Cuando se solicita un producto estrella, el modelo identifica qué candidato ha aparecido históricamente en el mismo pedido con suficiente frecuencia y fuerza de asociación. Es importante destacar que esta relación no solo se considera una oportunidad de venta, sino también evidencia práctica para optimizar y mejorar las operaciones de preparación de picking.

5.5.1. Criterios de construcción de canastas

La construcción de canastas se realizó tomando como unidad de agrupación el campo ID_Orden. Cada orden representa una canasta de compra compuesta por uno o varios SKUs. Para el análisis de reglas de asociación se consideraron únicamente las órdenes con dos o más productos, debido a que las canastas de un solo ítem no permiten identificar relaciones de co-ocurrencia entre artículos. La Tabla 35 define la estructura de canastas considerada para el análisis de asociación entre productos estrella y candidatos de baja rotación.

Tabla 35. *Estructura de canastas utilizadas para reglas de asociación*

Concepto	Resultado	Participación	Criterio operativo
Órdenes totales analizadas	15.066	100 %	Base general de pedidos
Canastas de un solo ítem	8.055	53,5 %	Excluidas del análisis de asociación
Canastas multi-ítem	7.011	46,5 %	Utilizadas para identificar co-ocurrencias

Filas en canastas multi-ítem	58.098	—	Base específica para reglas de asociación

Nota: Elaboración propia.

La existencia de 7.011 canastas multi-ítem hace que sea posible que se aplique el análisis de asociación, ya que con estas órdenes se logra obtener combinaciones de productos que puedan revelar patrones útiles para la gestión del picking. A pesar de que más de la mitad de las órdenes tiene un solo producto, el volumen de canastas con varios ítems es suficiente para identificar relaciones entre SKUs.

5.5.2. Relación producto estrella y producto candidato

La relación producto estrella y producto candidato se llega a construir a partir de la presencia en conjunto de ambos tipos de productos en una misma orden. En este análisis, el producto estrella actúa como referencia principal y el candidato de baja rotación como artículo potencialmente relacionado. Esta lógica permite identificar productos que, aunque no tengan alta rotación individual, pueden tener relevancia operativa cuando se solicitan junto con artículos de mayor movimiento.

Dentro de las órdenes analizadas se identificaron 7.538 canastas con al menos un producto estrella y 7.872 canastas con al menos un producto candidato de baja rotación. De estas órdenes, 3.513 canastas fueron mixtas, ya que, contenían simultáneamente al menos un producto estrella y un producto candidato. Este grupo representa el 23,3 % del total de canastas y el 46,6 % de las canastas que contienen productos estrella.

Estos hallazgos muestran que hay una relación operativa que se puede aprovechar entre productos de alta rotación y productos candidatos de baja rotación. Es por eso que, la propuesta usa estas coincidencias para poder identificar algunos pares de productos que podrían tomarse como estrategias de recomendación, reorganización física o ubicación cercana dentro de la bodega.

5.5.3. Métricas de soporte, confianza y lift

La reglas de asociación se validaron utilizando tres métricas fundamentales: soporte, confianza y lift. El soporte mide la frecuencia con la que una combinación de productos especifica aparece en todos los pedidos analizados. La confianza indica la probabilidad de que un producto candidato aparezca en el pedido si un producto especifico ya esta incluido. El lift

mide la fuerza de la relación comparando la frecuencia del pedido conjunto con la frecuencia que se esperaría si los dos productos fueran completamente independientes.

Para esta propuesta, el lift adquiere especial importancia porque permite diferenciar asociaciones reales de coincidencias generadas únicamente por productos populares. Un valor de lift mayor a 1 indica que el producto candidato aparece con mayor frecuencia cuando se compra el producto estrella que en una situación independiente. Por esta razón, el modelo prioriza reglas con lift superior a 1, confianza mínima y conteo conjunto suficiente. La Tabla 36 muestra los criterios mínimos aplicados para filtrar las reglas de asociación utilizadas en la propuesta.

Tabla 36. *Criterios de filtrado para reglas de asociación*

Criterio	Umbral aplicado	Propósito del filtro	Resultado asociado
Conteo conjunto	≥ 5 co-ocurrencias	Evitar reglas basadas en coincidencias aisladas	Relaciones con evidencia mínima
Confianza	≥ 0,10	Mantener reglas con probabilidad operativa relevante	Recomendaciones más consistentes
Lift	≥ 1,2	Conservar asociaciones superiores a la independencia	Pares con relación significativa
Reglas finales	—	Conjunto útil para recomendación y análisis logístico	202 reglas

Nota: Elaboración propia.

Estos criterios permiten reducir el número de asociaciones generadas y conservar únicamente aquellas con mayor utilidad para la propuesta. Antes del filtrado se identificaron 98.618 pares con al menos una co-ocurrencia entre productos estrella y candidatos; luego de aplicar los umbrales definidos, se obtuvieron 202 reglas utilizables.

5.5.4. Resultados de reglas aplicables al picking

Los resultados de las reglas de asociación permiten identificar pares de productos con comportamiento conjunto dentro de las órdenes históricas. Estas relaciones pueden utilizarse para recomendar productos candidatos y, desde la perspectiva logística, para priorizar su análisis dentro de una propuesta de slotting o reorganización de ubicaciones. La Tabla 37

incluye ejemplos de reglas obtenidas con mayor fuerza de asociación entre productos estrella y productos candidatos de baja rotación.

Tabla 37. *Ejemplos de reglas de asociación aplicables al picking*

Producto estrella	Producto candidato	Conteo conjunto	Confianza	Lift
1075006 — Aceite motor AC-Delco 15W40 GL CK-4/SN	1075007 — Aceite motor AC-Delco 15W40 LT CK-4/SN	5	0,625	730,31
11.139.007.023 — Radiador Dongfeng Glory 560 c/tapa	11.139.007.057 — Radiador Jetour X70	5	0,625	625,98
06.059.043.063 — Guía posterior redonda ojo de ángel rojo	06.059.043.064 — Guía posterior redonda ojo de ángel ámbar	8	0,667	467,40
IM25604 — Switch arranque VW Golf 1994 Polo 1996	IM21172 — Contactor de arranque Chevrolet Corsa Evolution	5	0,455	227,63
GL45H3 — Foco halógeno H3 24V 70W	GL44H1 — Foco halógeno H1 24V 70W	7	0,304	164,14

Nota: Elaboración propia.

Las reglas que se obtuvieron demuestran que hay una relación entre productos que tienen las mismas características funcionales, técnicas o patrones de compra conjunta. En términos operativos, estos hallazgos permiten identificar productos candidatos que podrían ubicarse de forma estratégica cerca de los productos estrella asociados, específicamente cuando se presentan co-ocurrencias repetidas, confianza significativa y lift superior al mínimo establecido.

La aplicación de estas reglas no implica modificar automáticamente la ubicación de todos los productos relacionados. Su utilidad se encuentra en proporcionar una base analítica para priorizar qué pares de SKUs deben revisarse en la bodega, considerando además disponibilidad de espacio, rotación, stock, tamaño físico del producto y restricciones operativas del almacén.

5.6. Modelo de ranking mediante Random Forest

El modelo de ranking mediante Random Forest se incorpora como una capa complementaria a las reglas de asociación. Si bien las reglas permiten identificar correlaciones históricas entre los productos más vendidos y los menos populares, el algoritmo Random Forest posibilita la clasificación de estas recomendaciones al considerar variables adicionales del contexto especifico. De esta manera, la recomendación no depende de la popularidad o la confianza en la empresa, sino de muchos factores como la cuidad, la temporada, la cantidad, el precio y la disponibilidad de existencias.

Este modelo se plantea como una herramienta de priorización y no como un sistema predicción autónomo. Su función principal es asignar un puntuación de probabilidad a cada producto candidato para determinar la recomendación resulta más adecuada dentro de un contexto operativo específico. Si un producto estrella tiene varios candidato relacionados, el modelo permite establecer una clasificación de prioridades para respaldar las decisiones de recomendación y posible reubicación en bodega.

5.6.1. Finalidad del modelo de ranking

El objetivo del modelo de ranking es priorizar los productos candidatos de baja rotación que podrían recomendarse cuando se solicita un producto estrella. Esta priorización se realiza a partir de la combinación entre las métricas obtenidas por reglas de asociación y las variables contextuales disponibles en la base de datos.

En cuanto a una perspectiva operativa, el modelo hace posible que se pueda transformar una lista de reglas en una estructura de recomendación que sea más útil en cuanto a la toma de decisiones. Es decir, si un producto popular muestra varios candidatos posibles, el Random Forest estima cuál de ellos tiene mayor probabilidad de aparecer en una orden con características similares a las observadas en el historial.

La aplicación de este modelo incrementa el valor del proceso de picking al permitir la selección de productos candidatos con mayor relevancia operativa. Esto puede servir de base para definir los productos que deben revisarse, priorizarse o ubicarse estratégicamente cerca de los artículos de mayor rotación.

5.6.2. Variables de entrada del modelo

El modelo utilizó variables de tres grupos principales: métricas de asociación, características del producto estrella y variables de contexto de pedido. La variable objetivo fue

binaria, indicando si el producto candidato estuvo presente o no dentro de la misma orden en la que apareció el producto estrella. La Tabla 38 presenta las variables utilizadas en el modelo de ranking mediante Random Forest.

Tabla 38. *Variables de entrada del modelo Random Forest*

Grupo de variables	Variables utilizadas	Función dentro del modelo
Métricas de asociación	Soporte, confianza, lift	Representan la fuerza histórica de la relación entre producto estrella y candidato
Producto estrella	Cantidad_Estrella, Precio_Estrella, Marca_Estrella, Linea_Estrella	Caracterizan el producto que activa la recomendación
Producto candidato	Stock_Candidato	Permite considerar disponibilidad del producto recomendado
Contexto temporal	Mes, Semana, Día	Incorpora variaciones asociadas al periodo de compra
Contexto geográfico	Ciudad	Permite diferenciar patrones de demanda según ubicación del cliente
Variable objetivo	Target	Indica si el producto candidato apareció en la misma orden

Para construir la base de entrenamiento, se generó una fila por cada combinación entre producto estrella y producto candidato asociado mediante reglas. En cada caso, el modelo verificó si el candidato estuvo presente en la canasta real, asignando el valor 1 cuando existió co-ocurrencia y 0 cuando no apareció dentro de la orden. Bajo esta estructura, el problema se abordó como una clasificación binaria.

La base de entrenamiento estuvo conformada por 13.235 registros, con una tasa de positivos equivalente al 14,5 %. Esta proporción indica que, dentro de las combinaciones evaluadas, una parte menor de los candidatos efectivamente apareció en la misma orden, lo cual es habitual en problemas de recomendación donde existen muchas alternativas posibles para cada producto principal.

5.6.3. Evaluación del desempeño del modelo

Para evaluar el desempeño del modelo se realizó una separación entre entrenamiento y prueba respetando el identificador de la orden. Este criterio evitó que registros pertenecientes a una misma canasta quedaran divididos entre ambos conjuntos, lo cual habría generado riesgo de sobreestimación del desempeño del modelo.

El conjunto de entrenamiento estuvo conformado por 9.847 registros, mientras que el conjunto de prueba incluyó 3.388 registros. El modelo Random Forest fue configurado con 400 árboles, balanceo de clases y un número mínimo de muestras por hoja, con el fin de reducir el efecto del desbalance entre casos positivos y negativos. La Tabla 39 presenta los principales resultados obtenidos en la evaluación del modelo.

Tabla 39. *Evaluación del modelo Random Forest*

Métrica	Resultado	Interpretación
AUC	0,552	Desempeño superior al azar, aunque con capacidad predictiva moderada
Precisión clase 0	0,84	Buen reconocimiento de casos donde el candidato no aparece
Recall clase 0	0,91	Alta capacidad para identificar no co-ocurrencias
Precisión clase 1	0,19	Baja precisión para identificar candidatos presentes
Recall clase 1	0,11	Limitada detección de co-ocurrencias reales
Accuracy	0,77	Resultado influenciado por el predominio de casos negativos

Nota: Elaboración propia.

En los hallazgos se puede observar que el modelo muestra un desempeño moderado. El valor AUC de 0,552 lo que indica una ligera mejora frente a una clasificación aleatoria, pero no representa un modelo predictivo robusto. Esta circunstancia se explica principalmente por la ausencia de variables más específicas, como identificador de cliente, historial individual de compras, ubicación exacta de productos o causas detalladas de errores.

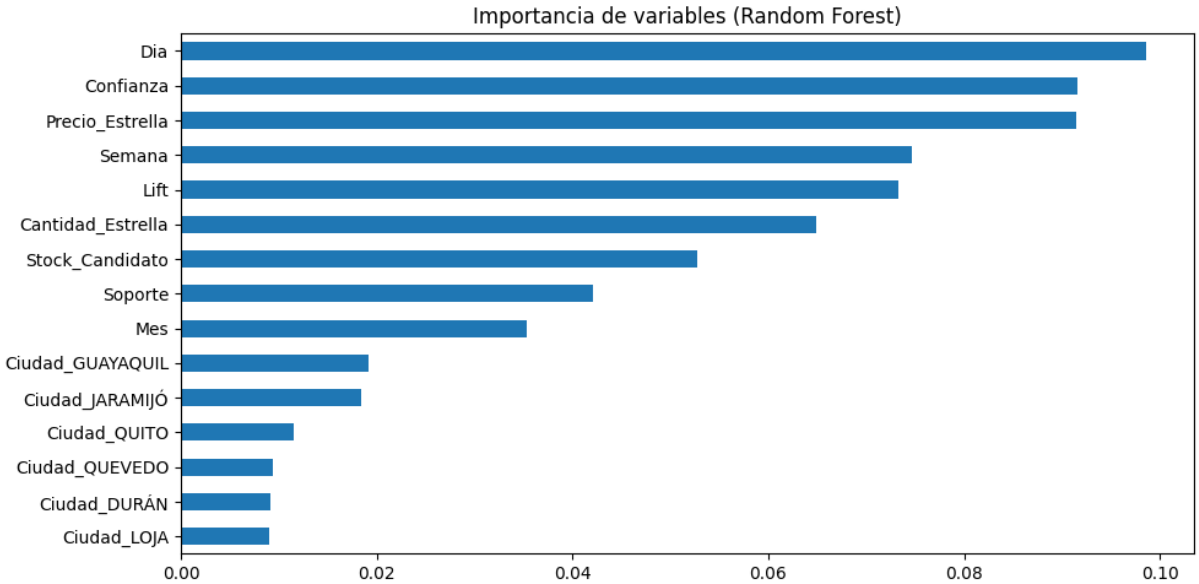
A pesar de que se tiene esta limitante, el modelo conserva utilidad dentro de la propuesta, ya que, con ello se puede ordenar candidatos combinando las métricas de asociación con variables de contexto. Por tanto, su uso se justifica como una capa de priorización y no como un mecanismo definitivo de predicción de compra.

5.6.4. Interpretación de importancia de variables

El análisis de importancia de variables permite conocer qué factores tuvieron mayor peso dentro del modelo Random Forest. Esta interpretación resulta útil para identificar qué elementos influyen más en el ranking de recomendaciones y cuáles aportan menor capacidad explicativa.

La Figura 8 presenta la importancia de variables del modelo Random Forest, donde se observa que las variables Día, Confianza, Precio_Estrella, Semana, Lift, Cantidad_Estrella, Stock_Candidato y Soporte se ubican entre los principales factores considerados por el modelo.

Figura 8. *Importancia de variables del modelo Random Forest*



Nota: Elaboración propia.

La importancia de la confianza y el lift corrobora que las reglas de asociación continuen siendo la base principal para crear recomendaciones. Si bien las variables temporales y comerciales nos ayudan un contexto valioso, su poder predictivo es menor. Esto da a entender que un contexto adicional mejora la clasificación de los productos potenciales, pero no puede reemplazar las relaciones históricas entre productos descubiertas mediante las reglas de asociación.

La ausencia de un identificador de cliente limita el potencial del modelo, ya que no permite incorporar historial de compra individual ni preferencias específicas. Por ello, una mejora futura del sistema sería integrar información del cliente, siempre que la empresa disponga de estos datos y su uso cumpla con criterios de confidencialidad y protección de información.

5.7. Aplicativo interactivo de recomendación en Google Colab

El aplicativo interactivo desarrollado en Google Colab permite consultar las recomendaciones generadas por el modelo de reglas de asociación. Este mecanismo funciona como un prototipo de validación, el cual permite que se seleccione un producto estrella y se visualice los productos candidatos de baja rotación asociados con mayor fuerza de relación.

El propósito del aplicativo no pretende reemplazar el sistema empresarial actual de la compañía, más bien, demuestra el valor práctico del modelo. Con una interfaz intuitiva y menús desplegables sencillos, los usuarios pueden seleccionar cualquier producto estrella y ver recomendaciones clasificadas según las métricas que hemos calculado.

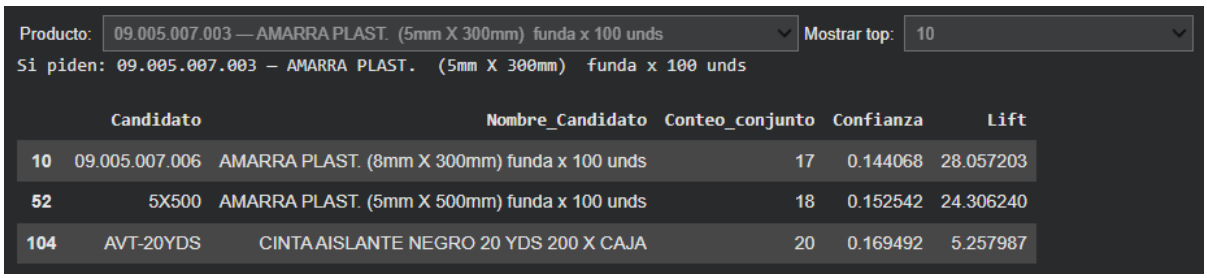
5.7.1. Funcionamiento del prototipo

El prototipo fue desarrollado en Google Colab con el propósito de facilitar la consulta interactiva de recomendaciones entre productos estrella y productos candidatos de baja rotación. Su funcionamiento parte de la carga del dataset unificado, la normalización de los códigos de producto, el filtrado de canastas multiítem y el recálculo de las reglas de asociación, lo que permite ejecutar la herramienta de manera independiente sin depender de archivos intermedios generados previamente.

El aplicativo aplica los mismos criterios que se han definido para la construcción de reglas de asociación, es decir, un recuento de conjunto mínimo de 5 coocurrencias, confianza mínima de 0,10 y lift mínimo de 1,2. Gracias a estos parámetros, el sistema genera un conjunto de reglas listas para su revisión y permite a los usuarios seleccionar tanto el producto estrella como la cantidad de recomendaciones que desean mostrar.

Como un hallazgo del procesamiento, se identificaron 202 reglas disponibles y 114 productos estrella con al menos una recomendación asociada. Esto evidencia que el prototipo permite realizar consultas prácticas sobre una parte representativa del portafolio analizado, constituyéndose en una herramienta de apoyo para la interpretación de relaciones entre productos y para la toma de decisiones orientadas a la reorganización del picking. La Figura 9 presenta la interfaz del aplicativo interactivo implementado en Google Colab.

Figura 9. *Aplicativo interactivo de recomendación en Google Colab*



	Candidato	Nombre_Candidato	Conteo_conjunto	Confianza	Lift
10	09.005.007.006	AMARRA PLAST. (8mm X 300mm) funda x 100 unds	17	0.144068	28.057203
52	5X500	AMARRA PLAST. (5mm X 500mm) funda x 100 unds	18	0.152542	24.306240
104	AVT-20YDS	CINTA AISLANTE NEGRO 20 YDS 200 X CAJA	20	0.169492	5.257987

Nota: Elaboración propia.

5.7.2. Consulta de productos estrella

La consulta de productos estrella se realiza mediante una lista desplegable que contiene los códigos y nombres de los productos disponibles dentro de las reglas filtradas. Esta funcionalidad permite al usuario seleccionar un producto de alta rotación y revisar qué productos candidatos han aparecido históricamente asociados a él dentro de las órdenes.

El uso de una lista desplegable facilita la exploración del modelo, debido a que evita búsquedas manuales en la base de datos y reduce el riesgo de errores al ingresar códigos de producto. Además, permite que el análisis sea usado por personas que no sean especializados en programación, siempre y cuando cuente con acceso al entorno de Google Colab y al archivo de datos correspondiente.

Esta característica puede ser útil para el personal logístico, los analistas de inventario o responsables de bodega que necesiten identificar relaciones entre productos antes de tomar decisiones sobre ubicación, reposición o priorización de SKUs dentro del área de picking.

5.7.3. Generación de recomendaciones de productos candidatos

Una vez seleccionado el producto estrella, el aplicativo muestra los productos candidatos de baja rotación asociados, junto con el conteo conjunto, confianza y lift. Estas métricas permiten interpretar la fuerza de la recomendación y diferenciar relaciones frecuentes de coincidencias con menor relevancia operativa.

Por ejemplo, para el producto estrella 09.005.007.003, correspondiente a una amarra plástica de 5 mm x 300 mm, el prototipo generó recomendaciones hacia productos como 09.005.007.006, 5X500 y AVT-20YDS. Estas asociaciones evidencian que el modelo puede identificar productos complementarios o relacionados dentro de las canastas históricas.

Las recomendaciones generadas por el aplicativo pueden utilizarse como insumo para revisar la ubicación física de los productos dentro de la bodega. Cuando un producto candidato

aparece vinculado a varios productos estrella o presenta alto volumen de co-ocurrencia, puede considerarse prioritario para análisis de reubicación, abastecimiento cercano o seguimiento mediante dashboard.

El prototipo también permite ajustar el número de recomendaciones visibles, lo cual facilita revisar los primeros candidatos o ampliar el análisis según las necesidades del usuario. Esta flexibilidad convierte al aplicativo en una herramienta de apoyo para evaluar relaciones entre productos y fortalecer decisiones vinculadas con la organización del picking.

5.8. Propuesta de reubicación estratégica de productos

La propuesta de reubicación estratégica de productos se fundamenta en los resultados obtenidos del análisis de demanda, segmentación de productos, reglas de asociación y consulta técnica al personal operativo. El objetivo de esta propuesta es reorganizar determinados SKUs dentro de la bodega tomando en cuenta su frecuencia de picking, nivel de rotación, relación con otros productos y aporte al flujo operativo.

Este método de reubicación no requiere reorganizar todos los artículos del inventario, sino que prioriza aquellos que más influyen en la preparación de pedidos. Según esta directriz, los productos estrella deben permanecer en ubicaciones de fácil acceso, mientras que los productos de baja rotación que suelen aparecer junto a ellos pueden colocarse cerca o en zonas de acceso restringido. Esta decisión permitiría reducir recorridos innecesarios, facilitar la búsqueda de productos y disminuir posibles errores asociados a similitud de códigos, ubicaciones o referencias.

La propuesta también considera que el proceso de picking no depende únicamente de la rotación individual de un producto. Existen artículos que, aunque no sean de alta rotación, aparecen relacionados con productos estrella dentro de las canastas históricas. Por ello, su ubicación debe analizarse no solo por demanda individual, sino también por su relación operativa con otros SKUs.

5.8.1. Criterios de slotting propuestos

El slotting consiste en asignar ubicaciones estratégicas a los productos dentro del almacén, tomando en cuenta criterios de rotación, frecuencia, tamaño, relación entre artículos y facilidad de acceso. En esta propuesta, el slotting se plantea como una herramienta para apoyar la organización del picking y mejorar la eficiencia del recorrido operativo. Los criterios de slotting propuestos se establecen en la Tabla 40.

Tabla 40. *Criterios de slotting propuestos para la reorganización del picking*

Criterio	Aplicación operativa	Resultado esperado
Rotación del producto	Ubicar productos estrella en zonas de alta accesibilidad	Reducir tiempos de búsqueda y recolección
Frecuencia de pedido por SKU	Priorizar productos con mayor presencia en órdenes históricas	Mejorar la disponibilidad operativa de artículos críticos
Relación por reglas de asociación	Acercar productos candidatos que se solicitan junto a productos estrella	Reducir recorridos entre productos relacionados
Volumen de co-ocurrencia	Priorizar pares de productos que aparecen juntos con mayor frecuencia	Aumentar el impacto operativo de la reubicación
Similitud de códigos o descripciones	Separar productos que puedan generar confusión durante el picking	Disminuir errores por selección incorrecta
Tamaño y manipulación del producto	Considerar peso, volumen y facilidad de traslado	Evitar congestión y mejorar ergonomía operativa
Stock disponible	Evaluar disponibilidad antes de asignar zonas prioritarias	Evitar ubicaciones críticas para productos sin reposición suficiente
Restricciones físicas de bodega	Adaptar la propuesta al layout, pasillos y zonas existentes	Asegurar viabilidad operativa de la reorganización

Nota: Elaboración propia.

Con la ayuda de estos parámetros se puede hacer que la reubicación de productos se haga de forma técnica y no únicamente por experiencia operativa. Al combinar la rotación,

reglas de asociación y características físicas del producto se obtiene una base más precisa que sirve para decidir qué SKUs deben permanecer en zonas prioritarias y cuáles pueden mantenerse en ubicaciones secundarias.

5.8.2. Priorización de productos para reubicación

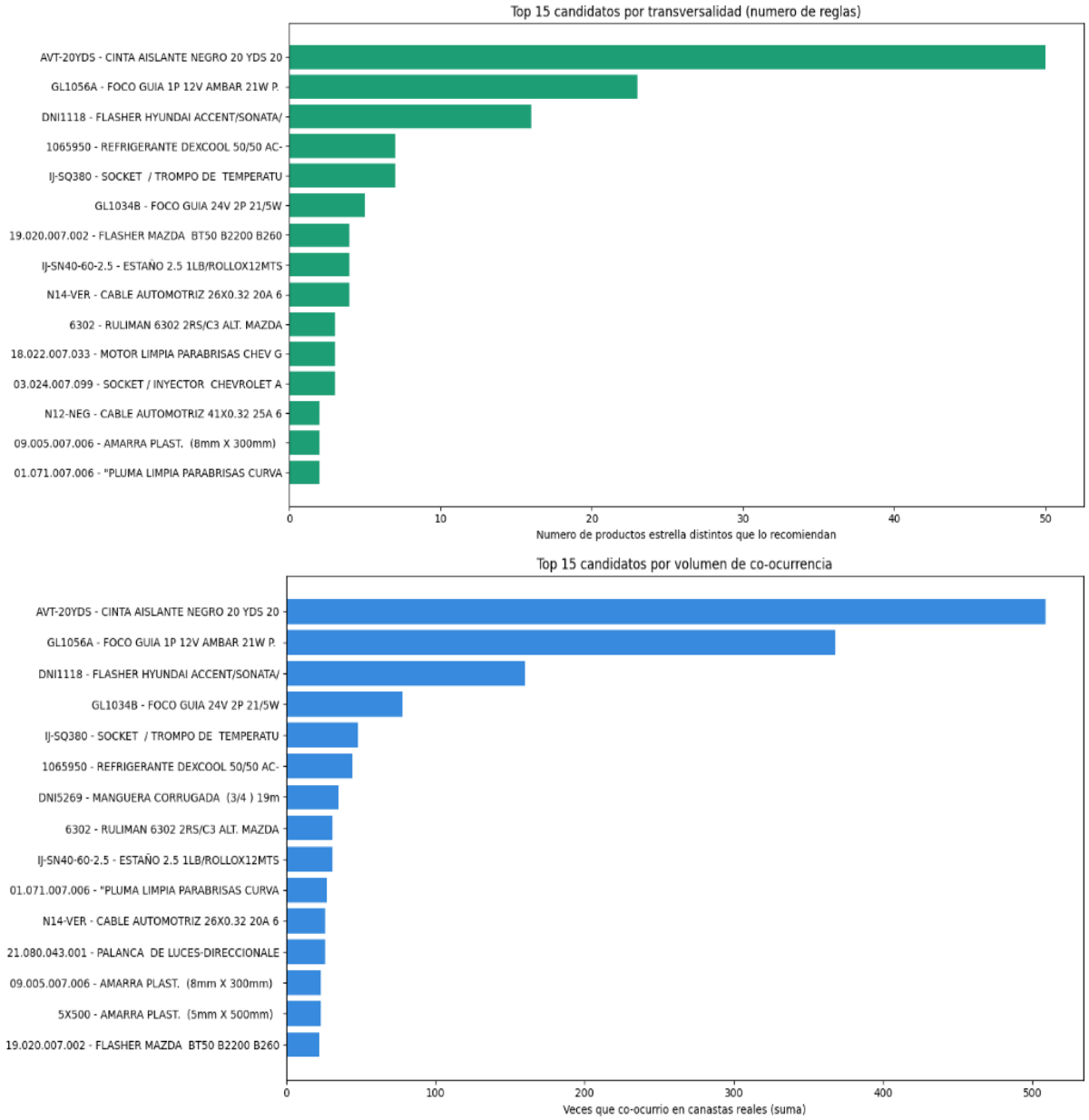
La priorización de productos para su reubicación se centra en identificar aquellos candidatos de baja rotación que ofrecen el mayor impacto operativo en el proceso de picking. Es por esa razón, que se toma en cuenta dos criterios clave como la transversalidad y el volumen de coocurrencia.

El alcance entre productos se refiere a cuántos productos estrella diferentes recomiendan el mismo artículo candidato. Cuando un candidato aparece junto a varios productos estrella, su valor operativo aumenta, ya que puede ser necesario en varias rutas de picking y en muchas combinaciones de pedido diferentes. El volumen de coocurrencia, por su parte, contabiliza con qué frecuencia ese candidato ha aparecido junto con productos estrella en pedidos reales, lo que muestra su consistencia dentro de las relaciones descubiertas por el modelo.

Según estos criterios, los candidatos de baja rotación que aparecen en la mayoría de las reglas o que muestran la mayor coocurrencia histórica deben revisarse primero para su reubicación. Los artículos de máxima prioridad AVT-20YDS, GL1056A, DNI1118, 1065950, IJ-SQ380 y GL1034B, destacan por su alta frecuencia en las asociaciones generadas y por su potencial para reducir el tiempo de desplazamiento al ubicarse cerca de sus productos estrella relacionados.

Los candidatos se pueden agrupar en tres niveles de prioridad, como primer Nivel se incluyen artículos con un amplio alcance entre productos y una alta coocurrencia los cuales ofrecen la mayor oportunidad de mejora. En el Nivel 2 se abarca los artículos fuertemente vinculados a uno o pocos productos estrella, los más adecuados para una reubicación específica. Y en el Nivel 3 se toma en cuenta los artículos con asociaciones válidas pero menos frecuentes, estos deben monitorearse antes de realizar cualquier cambio físico en la distribución del almacén. La Figura 10 presenta los productos candidatos priorizados según transversalidad y volumen de coocurrencia.

Figura 10. *Productos candidatos priorizados por transversalidad y volumen de coocurrencia*



Nota: Elaboración propia.

5.8.3. Relación entre productos recomendados y ubicación en bodega

La relación entre productos recomendados y ubicación en bodega se establece a partir de los patrones de compra conjunta detectados por las reglas de asociación. Cuando un producto estrella y un producto candidato aparecen juntos con frecuencia en una misma orden, se genera una señal logística que puede utilizarse para revisar su ubicación física.

La propuesta plantea que los productos estrella se mantengan en zonas de alta accesibilidad, mientras que los candidatos de baja rotación con mayor relación histórica sean evaluados para ubicarse en zonas cercanas, pasillos adyacentes o posiciones de fácil acceso

dentro del recorrido del picker. Esta decisión debe considerar el layout existente, la disponibilidad de espacio, el tamaño del producto y las restricciones operativas de almacenamiento.

Para artículos pequeños o difíciles de contar, la colocación estratégica debe complementarse con controles visuales claros, etiquetado correcto y una separación suficiente para evitar confusiones. Los artículos con códigos de producto similares, no siempre deben colocarse juntos; sino, deben mantenerse físicamente por separados para reducir los errores de selección. Por tanto, la relación entre productos debe interpretarse junto con criterios de riesgo operativo.

La reubicación propuesta debe ser revisada periódicamente, debido a que la demanda puede variar entre periodos. Un producto que en un mes se comporta como estrella puede cambiar su nivel de rotación en otro periodo, por lo que el modelo analítico y el dashboard permitirán actualizar las decisiones de slotting de manera continua.

5.9. Dashboard para monitoreo del proceso de picking

El dashboard propuesto tiene como finalidad facilitar el seguimiento del proceso de picking mediante indicadores visuales, actualizados y orientados a la toma de decisiones. Esta herramienta permitirá transformar los datos operativos en información comprensible para el control de pedidos, SKUs, tiempos, errores, reclamos, devoluciones y reprocesos.

El tablero de control se plantea como un complemento del modelo analítico, debido a que permitirá visualizar los resultados del análisis descriptivo, reglas de asociación, productos críticos y comportamiento operativo del picking. Su diseño deberá orientarse a usuarios logísticos, jefatura de bodega, coordinador de picking y packing, y personal responsable del control operativo.

El dashboard claramente no reemplaza al sistema SAP Business One, sino que se convierte en un mecanismo de análisis y monitoreo. En cuanto el ERP mantenga el registro transaccional de pedidos e inventario, el dashboard hará que se pueda interpretar esos datos mediante indicadores, gráficos, filtros y alertas de gestión.

5.9.1. Indicadores propuestos

Los indicadores propuestos tratan de controlar los aspectos más importantes del proceso de picking, tomando en cuenta la demanda, los tiempos, la exactitud operativa y el comportamiento de productos. Su selección responde a la información disponible en los

registros de la empresa y a las necesidades identificadas durante el diagnóstico. Los indicadores que integrarán el dashboard se detallan en la Tabla 41.

Tabla 41. *Indicadores propuestos para el dashboard de picking*

Indicador	Fórmula o criterio de cálculo	Utilidad operativa
Pedidos procesados	Total de órdenes registradas en el periodo	Medir carga operativa del centro de distribución
Frecuencia de picking por SKU	Número de veces que aparece cada SKU en pedidos	Identificar productos de mayor movimiento
Productos estrella	SKUs clasificados como alta rotación	Priorizar productos críticos para el picking
Candidatos de baja rotación	SKUs con baja rotación y relación con productos estrella	Detectar productos con oportunidad de reubicación
Tiempo promedio de picking	Promedio de Tiempo_Picking_Total	Evaluar eficiencia operativa general
Tiempo promedio por SKU	Promedio de Tiempo_SKU_Picking por producto	Detectar productos que demandan mayor esfuerzo de selección
Tiempo de recorrido	Promedio de Tiempo_Recorrido	Evaluar impacto de desplazamientos internos
Tasa de error	Errores registrados / pedidos procesados	Medir exactitud del proceso
Reclamos por despacho	Reclamos asociados a errores / errores registrados	Controlar impacto hacia el cliente
Devoluciones	Devoluciones asociadas a errores / errores registrados	Medir consecuencias del picking incorrecto

Reprocesos	Reprocesos generados / errores registrados	Evaluar carga operativa adicional
Backlog	Pedidos pendientes para el siguiente periodo	Controlar acumulación operativa

Nota: Elaboración propia.

Estos indicadores permitirán monitorear el desempeño del picking desde una visión integral. La información visualizada podrá utilizarse para detectar desviaciones, comparar periodos, priorizar acciones correctivas y evaluar la conveniencia de reubicar productos según su comportamiento operativo.

5.9.2. Visualización de SKUs, demanda y tiempos

La visualización de SKUs, demanda y tiempos permitirá identificar de manera rápida los productos con mayor participación dentro del proceso de picking. Esta sección del dashboard deberá mostrar los SKUs más solicitados, líneas de producto con mayor movimiento, productos estrella, productos candidatos de baja rotación y frecuencia de pedidos por periodo.

El análisis de demanda podrá representarse mediante gráficos de barras, filtros por mes, semana, ciudad, línea, marca y segmento. Estos filtros permitirán observar si determinados productos concentran la carga operativa o si existen variaciones relevantes según periodo o zona geográfica.

En relación con los tiempos, el dashboard tiene que tomar en cuenta el tiempo promedio de total picking, tiempo promedio por SKU y tiempo de recorrido. Gracias a esta información se podrá identificar los artículos o grupos de productos que necesiten de mayor esfuerzo operativo. Lo que significa que también servirá como revisor para verificar si la ubicación física de determinados artículos está afectando la eficiencia del recorrido.

La integración de SKUs, demanda y tiempos permitirá priorizar decisiones de reorganización. Un producto con alta frecuencia y alto tiempo de picking puede ser considerado crítico para revisión de ubicación, mientras que un candidato de baja rotación con alta relación con productos estrella puede evaluarse para una ubicación más cercana a zonas de alto movimiento.

5.9.3. Seguimiento de errores, reclamos y reprocesos

El seguimiento de errores, reclamos y reprocesos permitirá controlar las incidencias asociadas al proceso de picking y su impacto sobre la operación. Esta sección del dashboard tiene que demostrar cual es la cantidad de errores existentes, el porcentaje de reclamos derivados, las devoluciones generadas y los reprocesos ejecutados para corregir novedades.

El seguimiento de errores debe distinguir los problemas por tipo, producto afectado, período de tiempo y etapa en la que se detectó el problema. Cuando se encuentra el error en packing, el dashboard lo llega a marcar como un problema interno resuelto antes del envío; cuando llega al cliente, se registra como una queja o devolución. Esta distinción revela si el problema se solucionó internamente o si afectó directamente la calidad del servicio.

El seguimiento de las correcciones es igualmente importante, ya que expone la carga de trabajo adicional causada por errores de picking Cada corrección consume tiempo, requiere esfuerzo del personal, implica la reubicación del artículo y puede retrasar el envío. Es por eso que, el dashboard debe mostrar claramente qué porcentaje de errores se convierte en correcciones, quejas o devoluciones.

La visualización de estas incidencias permitirá identificar productos, zonas o tipos de error que requieren intervención. Con esta información, la empresa podrá aplicar acciones como ajuste de ubicaciones, separación de productos similares, mejora de etiquetas, actualización de datos en el sistema, refuerzo de validación o capacitación específica al personal operativo.

5.10. Proceso de picking propuesto

El proceso de picking propuesto se orienta a fortalecer la preparación de pedidos mediante el uso de información analítica, priorización de SKUs y control de productos críticos. Lo que quiere decir, es que la mejora no quiere que se reemplace en el sistema operativo actual, sino que complementar su funcionamiento con criterios de organización basados en datos, reglas de asociación, dashboard de indicadores y control de novedades.

Esta propuesta conserva la estructura general del flujo de trabajo actual, pero añade puntos de control específicos antes, durante y después del picking. De esta forma, los pedidos se pueden gestionar con mucha mayor visibilidad, teniendo en cuenta los artículos de alta rotación, los productos relacionados, la ubicación estratégica y las alertas operativas que señalan errores, faltantes o productos similares.

5.10.1. Flujo operativo mejorado

El flujo operativo mejorado comienza cuando se recibe un pedido en el sistema y se valida la disponibilidad del producto y por ende la solvencia de stock. Una vez autorizado el pedido para logística, el coordinador de picking y packing evalúa la carga de trabajo actual y asigna el pedido al operario correspondiente, teniendo en cuenta el volumen de artículos, la disponibilidad del personal y la prioridad de envío.

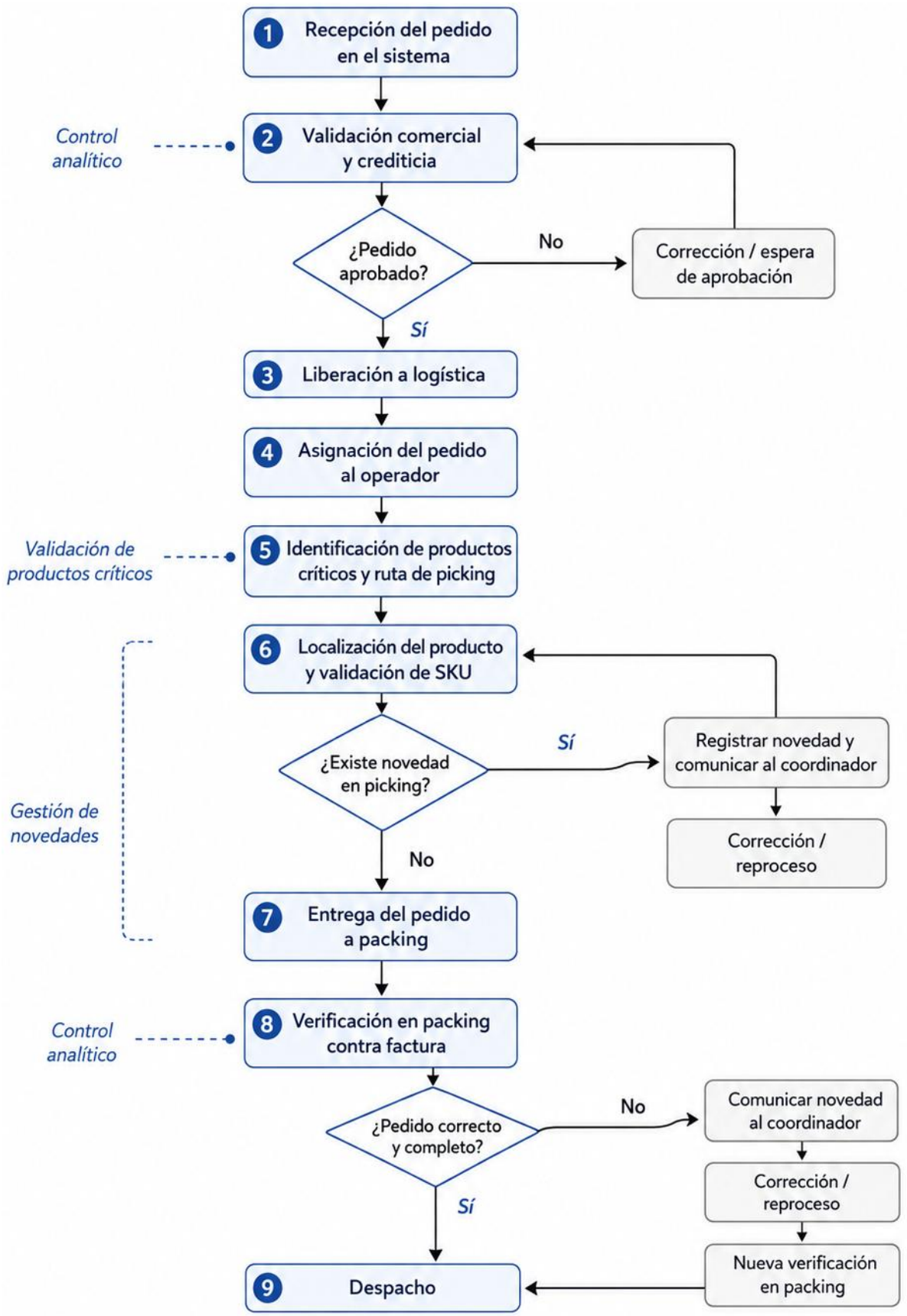
Antes de iniciar la recolección, el operador debe visualizar la ruta de picking y los productos críticos incluidos en la orden. En esta etapa se propone que el dashboard o reporte operativo identifique si el pedido contiene productos estrella, productos candidatos asociados o SKUs con historial de error, similitud o alta frecuencia de demanda. Esta información permite anticipar posibles puntos de atención durante la preparación del pedido.

Durante el picking, el operador localiza los productos mediante la ubicación registrada en el sistema y realiza la validación del SKU. Cuando existan productos con códigos similares, presentaciones parecidas o relación frecuente con otros artículos, se deberá reforzar la verificación mediante revisión visual, lectura de código y control de cantidad. En caso de detectar una novedad, esta deberá registrarse antes de entregar el pedido al área de packing.

En la etapa de packing, el pedido se revisa contra la factura o documento correspondiente. Esta fase se mantiene como un punto de control fundamental, debido a que permite detectar productos incorrectos, faltantes o cantidades no coincidentes antes del despacho. En cuanto se vea que hay alguna novedad, el equipo de packing tiene que avisar al coordinador para que se active el reproceso, se revisar el registro del sistema y se solicitar la corrección al área de picking.

Posteriormente, en la Figura 11 se muestra el flujo operativo mejorado del proceso de picking, en donde se ve la incorporación de los puntos de control analítico, validación de productos críticos y gestión de novedades antes del despacho.

Figura 11. *Flujo operativo mejorado del proceso de picking*



Nota: Elaboración propia.

5.10.2. Control de productos críticos

El control de productos críticos está diseñado para que los SKUs con alta demanda fuerte asociación con otros artículos, riesgo de confusión o impacto operativo significativo durante el picking. Este enfoque permite concentrar los esfuerzos de control de calidad donde más importan, en lugar de aplicar el mismo nivel de escrutinio a todos los artículos del inventario.

Los productos estrella deben estar en zonas que sean de fácil acceso, con etiquetado claro y verificación de existencias periódicas, ya que representan la mayor parte de las actividades de picking. Los productos con baja rotación que aparecen frecuentemente junto a los productos estrella deben revisarse para determinar si ubicarlos cerca de zonas de alto tránsito, en pasillos relacionados o en posiciones más visibles ofrecería mejores resultados.

Los artículos con códigos, descripciones o apariencia física similares también se clasifican como críticos. Para estos, el enfoque recomendado no es necesariamente agruparlos, sino todo lo contrario: mantenerlos físicamente separados, mejorar su identificación visual y reforzar la verificación de SKU. Esto reduce directamente los errores de selección causados por la similitud visual.

El control de productos propuestos debe ser respaldado por el dashboard, registrando además las frecuencias de recolección de picking, los artículos recomendados, los patrones de co-ocurrencia, el tiempo promedio de manipulación, errores registrados y novedades detectadas en packing. Esta información permite actualizar periódicamente la lista de artículos críticos, de modo que las decisiones de ubicación siempre reflejen el comportamiento real de la demanda.

5.10.3. Gestión de novedades operativas

La gestión de novedades operativas tiene como finalidad registrar, clasificar y corregir las incidencias que se presentan durante el proceso de picking y packing. Entre las principales novedades se consideran productos incorrectos, faltantes, pedidos incompletos, errores de ubicación, diferencias de cantidad, problemas de stock y productos con similitud de código o presentación.

Cuando una novedad sea detectada en picking, el operador deberá comunicarla al coordinador del área antes de continuar con el cierre del pedido. La persona encargada de la coordinación verificará los detalles en el sistema, comprobará la ubicación física del producto

y decidirá si corregir el artículo seleccionado, confirmar la falta de existencias o solicitar una revisión de inventario.

Cualquier problema que se llegue a detectar en packing debe ser registrado por el operador el cual es el responsable de la verificación deberá registrar el caso e informar de forma inmediata al coordinador. El pedido no debe enviarse hasta que se haya resuelto el problema, especialmente si se trata de un artículo incorrecto, productos faltantes o una cantidad incorrecta.

La gestión de incidentes debe proporcionar información útil para el análisis posterior, por lo tanto, se recomienda registrar al menos el número de pedido, la referencia de SKU involucrado, tipo de error, etapa de detección, responsable del reporte, fecha, hora y acción correctiva aplicada. Con estos datos podemos alimentar el dashboard, calcular indicadores de error y establecer acciones preventivas sobre productos, zonas o actividades con mayor incidencia.

5.11. Plan de implementación de la propuesta

El plan de implementación se estructura en fases progresivas, con el propósito de facilitar la aplicación ordenada de la propuesta dentro del centro de distribución. Es por eso que se debe recalcar la importancia de la implementación ya que esta debe comenzar con la preparación y validación de datos, para continuar con el diseño de mecanismos analíticos y así se pueda avanzar hacia la revisión física de ubicaciones, control de productos críticos y seguimiento de indicadores.

Esta propuesta puede implementarse gradualmente, para que las operaciones diarias del centro de distribución no se vean afectadas. Se recomienda comenzar con un proyecto piloto centrado en los productos estrella y los candidatos de baja rotación identificados mediante modelo, antes de extender los cambios a otras líneas o categorías de productos.

5.11.1. Fases de implementación

Las fases de implementación se estructuran según la secuencia lógica de preparación de datos, análisis, validación operativa, aplicación piloto y seguimiento. La tabla 42 describe las fases propuestas para la implementación del modelo de mejora de la preparación de pedidos.

Tabla 42. *Fases de implementación de la propuesta*

Fase	Actividades principales	Resultado esperado
Fase 1. Preparación de datos	Depurar base de pedidos, normalizar códigos, validar campos de SKUs, tiempos y stock	Base confiable para análisis operativo
Fase 2. Análisis de productos	Aplicar segmentación, ABC, Pareto y reglas de asociación	Identificación de productos estrella, candidatos y pares relacionados
Fase 3. Diseño de dashboard	Construir indicadores de demanda, tiempos, errores, reprocesos y productos críticos	Tablero de control para monitoreo del picking
Fase 4. Validación operativa	Revisar resultados con jefe de bodega, picking, packing e inventario	Ajuste de criterios según condiciones reales de bodega
Fase 5. Prueba piloto de reubicación	Seleccionar productos prioritarios y evaluar cambios de ubicación	Validación inicial de mejoras en recorrido y control
Fase 6. Seguimiento y ajuste	Comparar indicadores antes y después del piloto	Actualización de ubicaciones, reglas e indicadores

Nota: Elaboración propia.

La implementación por fases permite controlar el impacto de la propuesta y reducir riesgos operativos. Además, facilita que el personal valide los cambios antes de realizar ajustes permanentes en la organización de la bodega.

5.11.2. Recursos requeridos

Para llevar a cabo la propuesta se necesita de algunos recursos tecnológicos, operativos y humanos. En cuanto al componente tecnológico se toma en cuenta al uso de la base de datos que es exportada desde SAP Business One, mecanismos de análisis como Excel, Google Colab y Power BI, además de los dispositivos handheld utilizados en la operación.

Por otro lado, en cuanto al componente operativo este necesita que la información este actualizada por ubicaciones, layout de bodega, stock disponible, clasificación de productos, registros de errores y tiempos de picking. Estos datos son necesarios para que las

recomendaciones generadas por el modelo puedan contrastarse con las condiciones físicas reales del almacén.

En el componente humano se requiere la participación del jefe de bodega, coordinador de picking y packing, operadores de picking, operadores de packing, personal de inventario y responsable del análisis de datos. Cada uno cumple un rol específico dentro de la validación, ejecución y seguimiento de la propuesta.

Los elementos que se necesitan no tienen que tener una inversión elevada en software nuevo, ya que la propuesta puede comenzar con algunos mecanismos que se encuentren disponibles y complementarse con soluciones de visualización y análisis. La mayor exigencia se encuentra en la calidad de los datos, disciplina de registro y actualización periódica de indicadores.

5.11.3. Responsables del proceso

Es por eso que se dice que la implementación de la propuesta necesita de una asignación clara de responsabilidades la cual asegure que la continuidad del análisis y la correcta aplicación de las mejoras. La Tabla 43 define los principales responsables y su participación dentro del proceso.

Tabla 43. *Responsables de la implementación de la propuesta*

Responsable	Función dentro de la propuesta	Participación esperada
Jefe de bodega	Aprobar criterios de reorganización y validar cambios operativos	Supervisión general de la implementación
Coordinador de picking y packing	Controlar asignación de pedidos, novedades y seguimiento diario	Coordinación operativa del proceso
Operadores de picking	Ejecutar recolección de productos y reportar dificultades de ubicación	Aplicación directa de cambios en bodega
Operadores de packing	Verificar pedidos, registrar errores y reportar novedades	Control previo al despacho
Personal de inventario	Validar stock, ubicaciones y consistencia de productos	Soporte en control físico y sistema
Analista de datos o responsable designado	Actualizar dashboard, reglas e indicadores	Gestión analítica de la información

Nota: Elaboración propia.

La definición de responsables permite que la propuesta no dependa únicamente del análisis técnico, sino también de la coordinación operativa. La mejora del picking requiere que los resultados del modelo sean revisados por el personal que conoce la bodega y que las decisiones de reubicación se ejecuten de acuerdo con las condiciones reales del centro de distribución.

5.12. Beneficios operativos esperados

La propuesta de mejora basada en analítica de datos e inteligencia artificial permitiría fortalecer el proceso de picking mediante una gestión más ordenada de los SKUs, identificación de productos críticos, priorización de artículos de alta rotación y control de productos candidatos asociados. Estas ventajas se encuentran reflejadas a partir del uso de reglas de asociación, segmentación de productos, dashboard de indicadores y criterios de reubicación estratégica dentro de la bodega.

En el momento en el que se usa datos históricos de pedidos y patrones de co-ocurrencia entre productos, la organización puede llegar a tomar decisiones mucho más acertadas sobre la ubicación de los productos dentro del almacén. Lo que ayudará a que se disminuya los recorridos que sean innecesarios, agilizar la preparación de pedidos y mejorar el control de productos que presentan mayor frecuencia de picking o riesgo de confusión por similitud de código, descripción o presentación.

La incorporación del dashboard también permitiría mejorar la visibilidad del proceso, debido a que los responsables del área podrían monitorear pedidos, SKUs, tiempos, errores, reclamos, devoluciones, reprocesos y backlog desde una misma herramienta de análisis. Esta visualización facilitaría la toma de decisiones operativas, el seguimiento de indicadores y la identificación temprana de desviaciones dentro del proceso de picking. La Tabla 44 establece los principales beneficios operativos esperados de la propuesta.

Tabla 44. *Beneficios operativos esperados de la propuesta*

Beneficio esperado	Forma en que se lograría	Impacto operativo previsto
Reducción de recorridos internos	Reubicación de productos estrella y candidatos relacionados	Menor tiempo de desplazamiento durante el picking
Mejor organización de SKUs	Aplicación de criterios de slotting, rotación y co-ocurrencia	Mayor facilidad para localizar productos
Disminución de errores de selección	Separación o señalización de productos similares	Menor riesgo de confusión entre códigos o referencias
Control de productos críticos	Identificación de SKUs de alta rotación o alto riesgo operativo	Mayor seguimiento sobre artículos prioritarios
Reducción de reprocesos	Detección y registro oportuno de novedades en picking y packing	Menor trabajo adicional por corrección de pedidos
Mejor seguimiento de indicadores	Uso de dashboard para pedidos, tiempos, errores y backlog	Mayor visibilidad del desempeño logístico
Apoyo a la toma de decisiones	Uso de reglas de asociación, ranking y análisis de datos	Decisiones sustentadas en evidencia operativa
Actualización periódica del layout	Revisión de demanda y rotación por periodo	Organización más adaptable al comportamiento del mercado

Nota: Elaboración propia.

Estas ventajas tienen que verse como los hallazgos esperados de la propuesta, ya que esta tesis no toma en cuenta a la implementación completa dentro de la operación real del centro de distribución. Por ende, su verificación requeriría una fase posterior de aplicación piloto, medición de indicadores antes y después, y comparación de resultados en términos de tiempos, errores y reprocesos.

5.13. Limitaciones de la propuesta

En esta propuesta se toma en cuenta algunas de las limitaciones que se presentan y que tienen que ver con la disponibilidad y nivel de detalle de los datos entregados por la empresa. Si bien el conjunto de la base de datos usada permite analizar pedidos, SKUs, segmentos, tiempos, stock, cantidades, líneas, marcas y patrones de co-ocurrencia, carece de ciertas variables necesarias para construir un modelo predictivo de alta precisión.

Una limitante clave que se presenta también es la ausencia de un identificador de cliente dentro del dataset analizado. Dicha información habría revelado patrones de compra, historiales de pedidos individuales y preferencias específicas, lo que fortalecería el modelo de recomendación. Sin este reporte, el análisis se fundamenta en los campos disponibles, como cuidad, mes , semana, día, producto, cantidad, precio y nivel de existencias.

Otra restricción es que, si bien la información sobre errores de picking, reclamos, devoluciones y reprocesos esta disponible como datos agregados e informes complementarios, no necesariamente está vinculada a información detallada como pedidos individuales, SKU, causa específica u operador. Esto dificulta la capacidad de entrenar un modelo robusto de predicción de errores y, en cambio, orienta la propuesta hacia el análisis descriptivo, las reglas de asociación, la segmentación y la priorización operativa.

También se reconoce como limitación que el modelo Random Forest presentó un desempeño moderado, con una capacidad predictiva limitada. Por ello, su función dentro de la propuesta se interpreta como una herramienta de ranking o priorización de recomendaciones, no como un sistema autónomo capaz de predecir con alta exactitud qué producto será solicitado en cada orden.

La propuesta de reubicación estratégica depende además de condiciones físicas de la bodega, tales como disponibilidad de espacio, tamaño de productos, restricciones del layout, zonas de almacenamiento, capacidad de perchas y criterios de seguridad operativa. Por esta razón, los productos recomendados por el modelo deben ser validados por el personal logístico antes de ejecutar cambios físicos en el almacén.

De la misma manera, la propuesta no toma en cuenta la integración directa del modelo con SAP Business One ni tampoco con el sistema operativo usado por la empresa objeto de estudio. El diseño desarrollado en Google Colab y el dashboard propuesto funcionan como mecanismos de análisis y validación, pero para que se implemente de manera definitiva se necesita de una evaluación técnica, recursos tecnológicos, permisos de acceso a datos y participación del área de sistemas.

La investigación tampoco mide resultados posteriores a la implementación, debido a que su alcance es propositivo. En consecuencia, la reducción de tiempos, errores y reprocesos se plantea como un beneficio esperado, cuya comprobación requeriría una etapa futura de prueba piloto, seguimiento de indicadores y comparación entre el proceso actual y el proceso mejorado.

CONCLUSIONES

Se caracterizó el proceso actual de picking del centro de distribución automotriz, identificando que la operación combina el uso de herramientas tecnológicas, como SAP Business One y dispositivos handheld, con actividades manuales que dependen de recorridos físicos, validación visual y experiencia del operador. El análisis nos muestra las áreas de mejora en la organización de productos, la actualización de ubicaciones, el control de errores y monitorización operativa. Asimismo, se consideraron 66.153 artículos de pedido, 15.066 pedidos individuales y 6.930 productos diferentes. La media de tiempo de preparación de pedidos fue de 23 minutos, y la tasa de error estimada fuel del 20,0%.

Se examinaron patrones de demanda y la segmentación operativa de productos, identificándose tres grupos principales: productos estrella, candidatos de baja rotación y otros productos. Esta clasificación permitió diferenciar el impacto operativo de los SKUs dentro del picking, ya que no todos los productos requieren el mismo esfuerzo. La datos mostraron una distribución relativamente equilibrada entre los segmentos, con 23.965 registros en “otros”, 21.304 en candidatos de baja rotación y 20.884 en productos estrella. Asimismo, se identificaron 7.011 órdenes multi-ítem, que resultaron relevantes para analizar combinaciones de productos dentro de un misma pedido.

Se emplearon técnicas de análisis de datos e inteligencia artificial para reconocer relaciones entre productos y priorizar SKUs con utilidad operativa para el picking. Las reglas de asociación nos dan la posibilidad de analizar la relación entre productos estrella y candidatos de baja rotación dentro de canastas multi-ítem. Se considera métricas como la frecuencia común, soporte, confianza y lift. Esto arroja como resultado 202 reglas útiles para el análisis logístico. Además, se integró el modelo Random Forest como una capa de ranking para ordenar recomendaciones según métricas de asociación y variables de contextuales, sin embargo, su función se interpretó como apoyo a la priorización y como un sistema predictivo.

Con base en la reubicación estratégica de productos, criterios de slotting, dashboard operativo, indicadores KPI y gestión de novedades, se desarrolla una propuesta para mejorar el proceso de preparación de pedidos. La propuesta no considera una aplicación definitiva ni el desarrollo de software empresarial propietario, sino una solución de análisis aplicable como base para mejoras operativas en el futuro.

RECOMENDACIONES

Se sugiere la mejora de documentación operativa del proceso de picking e incluir información más detallada sobre pedido, SKU, causa del error, etapa de detección, operador responsable, tiempo de búsqueda, tiempo de recorrido, validación y entrega a packing. Esto establecerá una base más solidad para futuros análisis y el desarrollo de modelos predictivos con mayor precisión.

Los datos de ubicaciones, niveles de stock, códigos y descripciones de productos en el sistema deben estar actualizadas, ya que las fragilidades pueden provocar búsquedas extensas, errores de selección y reprocesos. La calidad de los datos es importante para que las herramientas analíticas generen resultados confiables.

Previamente de poner en marcha la propuesta en todo el almacén, se aconseja realizar una prueba piloto con los productos estrella y los candidatos de baja rotación identificados por el modelo. Esta prueba facilitara comparar indicadores antes y después de la reubicación, sobre todo en tiempo de picking, las rutas internas, errores y reprocesos.

Sugerimos aplicar paulatinamente un dashboard operativo para monitorear pedidos, SKUs, tiempos, errores, reclamos, devoluciones, reprocesos y backlog. Esta herramienta mejora la transparencia de los procesos y facilita la toma de decisiones basada en datos.

Cualquier reubicación debe coordinarse con el personal logístico, especialmente jefe de bodega, coordinador de picking y packing, operadores e inventario. La reubicación de productos no debe basarse únicamente con base en el modelo, sino que también debe considerar el espacio disponible, tamaño de los productos, restricciones del layout, seguridad operativa y experiencia del personal.

Es importante reforzar el etiquetado y la segregación de productos con códigos, descripciones o presentaciones similares, ya que estas de similitudes puede aumentar el riesgo de errores durante la selección. Esta medida debe complementarse con validación visual, el escaneo de código y la documentación oportuna de novedades.

Posteriormente, la empresa debería evaluar la integración del modelo analítico con SAP Business One o su sistema operativo actual. Esta integración automatizaría las actualizaciones de datos, mejoraría el acceso a la información y facilitar la monitorización continua de indicadores.

6. Bibliografía

Adeodu, A., & Maladzhi, R. (04 de 2023). *Development of an improvement framework for warehouse processes using lean six sigma (DMAIC) approach. A case of third party logistics (3PL) services*. ScienceDirect: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023021229

Apolinario, R., Rodriguez, M., & Segarra, H. (2025). *La Gestión de la Logística y el Transporte Internacional en el Ecuador*. Universidad de Guayaquil: https://www.researchgate.net/publication/392354721_La_Gestion_de_la_Logistica_y_el_Transporte_Internacional_en_el_Ecuador

Arias, C., Mora, J., & Caro, M. (2024). *Situational Awareness Errors in Forklift Logistics Operations: A Multiphase Eye-Tracking and Think-Aloud Approach*. MDPI: https://www.mdpi.com/2305-6290/8/4/124

Baldeón, M., & Medina, M. (2025). *Inteligencia de Negocios para la toma de decisiones*. Multidisciplinary Latin American Journal : https://mlaj-revista.org/index.php/journal/article/download/47/135/241

Barona, M. (2024). *Propuesta de localización y diseño de un centro de distribución de la empresa Salchiwarrior S.A.S*. Universidad Cooperativa de Colombia: https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/fdd814b9-1373-4082-a96c-ba41837199d5/content

Barragán, C., & Zurita, J. (2025). *Inteligencia de negocios para gestión de inventarios en las empresas importadoras de estructurales de calzado*. Revista Venezolana de Gerencia (RVG): https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/rvg/article/view/43717/51681

Bonilla, C., Calero, T., Farinango, A., Salazar, S., & Yugcha, C. (2025). *Optimización Integral de la Cadena de Suministros de LBONL: Un Enfoque en la Gestión Estratégica de Inventarios, Relación con Proveedores en China y el Análisis de Rentabilidad Operativo-Financiera*. UIDE: https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/8966/1/UIDE-Q-TMCS-2026-37.pdf

Boorová, B., & Mijušković, V. (01 de 2024). *Application of Artificial intelligence in Logistics 4.0: DHL case study analysis*. Ekonomika preduzeca:

https://www.researchgate.net/publication/385039143_Application_of_Artificial_intelligence_in_Logistics_40_DHL_case_study_analysis

Cabrera, R. (2022). *¿Qué es el proceso de picking?* inesem: https://www.inesem.es/revistadigital/gestion-empresarial/que-es-el-proceso-de-picking

Calatayud, A., Katz, R., & Riobó, A. (2022). *Driving the Digital Transformation of Transportation in Latin America and the Caribbean*. IDB: https://publications.iadb.org/publications/english/document/Driving-the-Digital-Transformation-of-Transportation-in-Latin-America-and-the-Caribbean.pdf

Casco, M., García, C., & Lindao, A. (2021). *Propuesta de un diseño para la implementación de un sistema de gestión basado en la norma ISO 9001:2008 para la Empresa Logistecsa sucursal Guayaquil*. Revistas UG: https://revistas.ug.edu.ec/index.php/iqd/es/article/download/1503/3623?inline=1

Castella, G., Volpi, A., & Monatari, R. (2023). *Trends in order picking: a 2007–2022 review of the literature*. Production & Manufacturing Research: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21693277.2023.2191115

Castro, A., Prado, C., Montenegro, D., Suasnavas, F., & Galarza, G. (20 de 01 de 2026). *Optimización de la Cadena de Suministros para Mejorar el nivel de Servicio al Cliente en Farmacias Cuxibamba Cía. Ltda. (2025)* . Repositorio UIDE: https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/8962/1/UIDE-Q-TMCS-2026-33.pdf

Cevallos, E., & Jacho, A. (2024). *Big Data y Analítica Predictiva en la Toma de Decisiones Empresariales*. Revista Ingeni Global: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10551134.pdf

Custodio, D., & Martínez, G. (2021). *Importancia de los kpi de logística en las pymes*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (México): https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/5548/5292

Dakić, P., & Stupavský, I. (07 de 06 de 2024). *The Effects of Global Market Changes on Automotive Manufacturing and Embedded Software*. MDPI: https://www.mdpi.com/2071-1050/16/12/4926

Dávila, D., Velázquez, S., & Ochoa, J. (2025). *Errores humanos en el registro de inventario: Problemas en los conteos manuales y su repercusión*. Revista Ingeniería y Gestión Industrial: https://ingenieriaygestion.uanl.mx/index.php/r/article/download/49/27

Didarul, I. (2023). *A survey on the use of blockchains to achieve supply chain security*. ScienceDirect: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306437923000686

Espinoza, D. (2024). *La Inteligencia Artificial como Apoyo en los Procesos de la Administración Empresarial*. Ciencia Latina Multidisciplinar: https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/15019

Flores, L., & Gonzáles, A. (2021). *Logística integral y satisfacción del cliente de los servicios logísticos en Guayaquil*. Universidad Politécnica Salesiana: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20194/1/UPS-GT003194.pdf

Giraldo, A., & Vargas, F. (2024). *Propuesta de Mejora del Picking en el Proceso de Recibo para Homecenter Rionegro Logrando un Surtido Eficiente*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD: https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/66519/1/amgiraldoro.pdf

Helm, M., Malikova, A., & Kembro, J. (2024). *Rooting out the root causes of order fulfilment errors: a multiple case study*. International journal of production research: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2023.2251060

Jenkins, A. (2023). *What Is Inventory Management? Benefits, Types, & Techniques*. Oracle NetSuite: https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/inventory-management/inventory-management.shtml

Khatib, I., Alasheh, S., & Shamayleh, A. (2024). *The Drivers of Complexity in Inventory Management Within the Healthcare Industry:*. ScienceDirect: https://www.sciencedirect.com/org/science/article/pii/S1947959X24000111

Mar, C., Barbosa, A., Guerrero, C., & Barbosa, A. (12 de 2021). *Detección de los principales errores en la preparación de pedidos en un almacénDetection of the main errors in the preparation of orders in a warehouse*. Revista Interdisciplinaria de Ingeniería Sustentable y Desarrollo Social : https://www.researchgate.net/publication/394902307_Deteccion_de_los_principales_

errores_en_la_preparacion_de_pedidos_en_un_almacenDetection_of_the_main_errors_in_the_preparation_of_orders_in_a_warehouse

Mendes, A., Cruz, J., & Saraiva, T. (2020). *Sistema de apoyo a la decisión de estrategia logística (FIFO, FEFO o LSFO) para productos alimentarios perecederos*. Conferencia: Conferencia Internacional sobre Ciencias y Aplicación de Ayudas a la Decisión (DASA): https://www.researchgate.net/publication/348532876_Logistics_strategy_FIFO_FEFO_or_LSFO_decision_support_system_for_perishable_food_products

Murillo, R., & Taiz, E. (2024). *Los Key Performance Indicators (KPI) y su Importancia en las Microempresas de Guayaquil*. Ciencia Latina Multidisciplinar: https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/12657

Rey, V. (2021). *Optimización del sistema de almacenamiento y logística de una empresa distribuidora de producto terminado a base de trigo*. Universidad Politécnica Salesiana: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20755/1/UPS-GT003339.pdf

Ruiz, J. (2023). *Design of a reference architecture in intelligent warehouse supply logistics through the use of Industry 4.0 technologies. Case of retail Warehouses in the city of Pilar*. Veritas Revista multidisciplinar: https://revistaveritas.org/index.php/veritas/article/download/50/99/388

Rymarczyk, P., Bogacki , S., Figura, C., & Rutkowski, M. (2024). *Optimizing order picking processes in warehouses: strategies for efficient routing and clustering*. Journal of Modern Science: https://www.jomswsge.com/Optimizing-order-picking-processes-in-warehouses-strategies-for-efficient-routing%2C191201%2C0%2C2.html

Salazar, C. (2025). *Diseño y desarrollo de una bodega inteligente actualizable en la nube utilizando tecnología de inteligencia artificial para la optimización del control de inventario en empresas mineras*. UIDE: https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/8629/1/UIDE-Q-TMMA-2025-17.pdf

Salinas, D., & Lesmes, J. (2024). *Importancia de la Analítica de Datos en la Cadena de Suministro en Empresas Distribuidoras*. Dialnet: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10104504.pdf

Sánchez, M. (24 de 05 de 2025). *Optimización de las operaciones en la cadena de suministro a través de la inteligencia artificial: un enfoque basado en datos logísticos*. Dialnet: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10209373.pdf

Sango, D. (2021). *Propuesta de un modelo de gestión logística de E Commerce en un operador logístico*. Repositorio UIDE: https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4899/1/T-UIDE-0294.pdf

Seredyuk, V. (2024). *Improcing inentory accuarcy through order management processes with Dmaic*. LUT University: https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/168685/Mastersthesis_Seredyuk_Victoria.pdf?sequence=1

Singh, J., & Singh, D. (10 de 2025). *A comprehensive review of clustering techniques in artificial intelligence for knowledge discovery: Taxonomy, challenges, applications and future prospects*. ScienceDirect: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1474034624004476

Sotelo, V., & Meléndez, I. (12 de 2025). *Impacto de la analítica de datos en empresas modernas, con la aplicación de optimización de procesos y experiencia del cliente*. Revista Ciencia UNEMI : https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10392349.pdf

Ueno, D., & Hirata, E. (08 de 2024). *The Optimization of Picking in Logistics Warehouses in the Event of Sudden Picking Order Changes and Picking Route Blockages*. MDPI: https://www.researchgate.net/publication/383316501_The_Optimization_of_Picking_in_Logistics_Warehouses_in_the_Event_of_Sudden_Picking_Order_Changes_and_Picking_Route_Blockages

Valenzuela, C., Benalcázar, G., & Delgado, Z. (2024). *Gestión de inventarios en organizaciones de emprendimiento: Una aproximación teórica*. Scielo: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2665-01692024000200193

Valverde, H. (2024). *Análisis de la Incidencia de la Inteligencia Artificial en los procesos logísticos y de distribución de las Pymes de Guayaquil*. Univesidad Politécnica Salesiana: https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27572

Vega, C., Flores, Y., & Ypanaque, S. (20 de Marzo de 2026). *La inteligencia artificial y la gestión de la cadena de suministro de una empresa privada de Chimbote*. Scielo:

https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S2665-03982026000102016&script=sci_arttext&tlng=es

Vega, S., & Flores, Y. (20 de 03 de 2026). *La inteligencia artificial y la gestión de la cadena de suministro de una empresa privada deChimbote*. Scielo: https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S2665-03982026000102016&script=sci_arttext&tlng=es

Villagomez, A. (02 de 2025). *El impacto de la inteligencia artificial en la sociedad: Una revisión sistemátiva de su influencia en ámbitos sociales, económicos y tecnológicos*. Ciencia Latina Multidisciplinar: https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/16468/23559/

Yaranga, I., & Trelles, J. (05 de 08 de 2025). *Integración de la inteligencia artificial y la ciencia de datos para la toma de decisiones en las empresas: un estudio bibliométrico* . Revista INVECOM: https://ve.scielo.org/pdf/ric/v6n2/2739-0063-ric-6-02-e602071.pdf

Zea, F., & Álvarez, J. (2021). *Estudio de mercado del sector automotriz como herramienta para toma de decisiones empresariales* . Dialnet: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7915375.pdf

Zhang , S., Huang, K., & Yuan, Y. (2021). *Spare Parts Inventory Management: A Literature Review*. MDPI: https://www.mdpi.com/2071-1050/13/5/2460

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Nosotros, Blacio Córdova, Sayenka Jamilet con C.C: # #0706240736 y Jordan Mendoza, Johnny Jordan, con C.C: #0930166889 autores del trabajo de titulación**: Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para reducir errores y tiempos en el proceso de picking de un centro de distribución automotriz**, previo a la obtención del título de Licenciado de Negocios Internacionales en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 22 de agosto de 2026

f. ___

Blacio Córdova, Sayenka Jamilet

C.C: 0706240736

f. _____

Jordan Mendoza, Johnny Jordan

C.C: 0930166889

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	**Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para reducir errores y tiempos en el proceso de picking de un centro de distribución automotriz**		
AUTOR(ES)	Blacio Córdova, Sayenka Jamilet Jordan Mendoza, Johnny Jordan		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	**Lucin Castillo Virginia Carolina**		
INSTITUCIÓN:	**Universidad Católica de Santiago de Guayaquil**		
FACULTAD:	**Facultad de Economía y Empresa**		
CARRERA:	**Negocios Internacionales**		
TITULO OBTENIDO:	**Licenciado en Negocios Internacionales**		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	**22 de agosto de 2026**	**No. DE PÁGINAS:**	122
ÁREAS TEMÁTICAS:	Gestión logística, plan estratégico, eficiencia operativa		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Picking; Inteligencia Artificial; Analítica de datos; Reglas de asociación; Centro de distribución automotriz.		

RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): La presente investigación tuvo como objetivo proponer la aplicación de técnicas de analítica de datos e inteligencia artificial para optimizar el proceso de picking en un centro de distribución del sector automotriz, mediante el análisis de la demanda, la segmentación operativa de productos y la identificación de relaciones entre SKUs. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con apoyo cualitativo, utilizando registros operativos del cuatrimestre 2026, observación directa y consulta técnica al personal vinculado con las actividades de picking y packing. El diagnóstico permitió analizar 66.153 registros o líneas de pedido, correspondientes a 15.066 órdenes únicas y 6.930 productos distintos. Asimismo, se identificó un tiempo promedio general de picking de 23 minutos por pedido y una tasa estimada de error del 20,0 %, calculada a partir de 3.308 errores registrados sobre 16.544 pedidos considerados para el análisis de incidencias. Estos resultados evidenciaron oportunidades de mejora relacionadas con la organización de productos, control de SKUs críticos, actualización de ubicaciones, reducción de reprocesos y fortalecimiento del seguimiento operativo. Como parte de la propuesta, se aplicaron reglas de asociación para identificar relaciones entre productos estrella y candidatos de baja rotación dentro de canastas multi-ítem. Tras aplicar criterios de conteo conjunto, confianza y lift, se identificaron 202 reglas que pueden utilizarse para el análisis logístico. Además, se integró un modelo de clasificación mediante Random Forest para priorizar las recomendaciones. Asimismo, se desarrolló un prototipo interactivo en Google Colab y un panel de control (Dashboard) en Power BI para si visualizar los indicadores del procesos. Esta propuesta no contempla una implementación definitiva, sino una alternativa técnica para mejorar la toma de decisiones, reducir las distancias de transporte, minimizar los errores y aumentar la eficiencia operativa de la preparación de pedidos.

ADJUNTO PDF:	☒	☐ NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono:	E-mail:
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (C00RDINADOR DEL PROCESO UTE)::	**Nombre: Freire Quintero Cesar Enrique**	
	Teléfono: +593- 990090702	
	E-mail: cesar.freire@cu.ucsg.edu.ec	

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA	
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	