

**Modelo de optimización de almacenamiento de productos farmacéuticos enfocado en la
disminución de los tiempos de alistamiento de pedidos**

Vidal Eduardo Mosquera Rodríguez

Manuel Enrique Rojas Correa

Nelson Javier Pérez Carreño

Director de curso

Elkin Manuel Uparela Vasquez

Línea de Investigación

Diseño y gestión de redes de suministro

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería ECBTI

Maestría en Logística y Redes de Valor

2025

Resumen

Este proyecto aplicado de investigación presenta un enfoque mixto con una fase cualitativa. El estudio tiene como objetivo, establecer un sistema de optimización de almacenamiento que disminuya los tiempos de alistamiento de pedidos, que garantice el aumento de la productividad de este proceso, genere una mayor capacidad instalada de atención de pedidos y disminuya los recorridos promedio de los operadores.

La propuesta de investigación se basa en el análisis de ubicaciones en el área de picking (alistamiento de pedidos), dando lugar al desarrollo de un modelo de almacenamiento de productos farmacéuticos, estructurado del método Slotting, en el cual, se aplican la técnica de análisis de inventarios ABC, Slotting ABC y slotting por correlación de Sku's, como los mecanismos más acertados para la mejora en los recorridos y disminución en los tiempos de alistamiento de pedidos. Se determinan las actividades clave que se desarrollan para el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos, abordando temas sobre la caracterización y diagnóstico de la situación actual del proceso.

Los resultados esperados del proyecto investigativo es demostrar que el modelo de almacenamiento planteado disminuye en promedio un 25% del tiempo de alistamiento total de un pedido, generando un incremento en la capacidad instalada del centro de distribución en 15% con la implementación de los cambios sugeridos.

Palabras clave: Análisis de inventarios ABC, Slotting ABC, slotting por correlación de Sku's.

Abstract

This applied research project presents a descriptive-explanatory study with a qualitative approach. The objective of the study is to establish a storage optimization system that reduces order preparation times, guarantees an increase in the productivity of this process, generates greater installed order handling capacity and reduces the average routes of operators.

The research proposal is based on the analysis of locations in the picking area (order preparation), leading to the development of a storage model for pharmaceutical products, structured in the slotting methodology, in which the ABC inventory analysis, ABC slotting and Sku correlation slotting, as the most successful mechanisms for improving routes and reducing order preparation times. The key activities that are developed to fulfill each of the specific objectives are determined, addressing issues regarding the characterization and diagnosis of the current situation of the process.

The expected results of the research project are to demonstrate that the proposed storage model reduces on average 25% of the total preparation time of an order, generating an increase in the installed capacity of the distribution center by 15% with the implementation of the suggested changes.

Keywords: ABC inventory analysis, ABC slotting, slotting by Sku correlation.

Tabla de Contenido

Introducción	12
Planteamiento del Problema	14
Justificación	16
Objetivo.....	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos.....	18
Marco Referencial.....	19
Marco Teórico.....	19
Árbol de Problemas.....	19
Diagrama de Espina de Pescado (Causa y Efecto)	19
Centro de Distribución	20
Almacenes.....	21
Picking (Alistamiento de Pedidos).....	22
Distribución de Plantas (Layout)	25
Diagrama de Flujo.....	26
Sistema ERP / SAP	27
Distribución Normal	29
Prueba de Bondad de Ajuste Kolmogorov-Smirnov	31
Pruebas No Paramétricas (Mann-Whitney U)	33
Prueba Anova (Prueba de Hipótesis)	34
Marco Conceptual.....	35
Slotting (Ubicación Inteligente de Productos).....	37

Análisis de ABC (Regla de Pareto)	40
Picking (Alistamiento de Pedidos).....	41
Marco Histórico	42
Estado del Arte.....	45
Metodología	50
Enfoque Metodológico.....	50
Etapa 1: Revisión Literario y Delimitación de la Problemática	50
Etapa 2: Análisis de Patrones de Alistamiento de Pedidos.....	50
Etapa 3: Diseño de los Componentes del Sistema de Almacenamiento Optimo de Inventarios.....	51
Etapa 4: Comprobación de los Resultados.....	51
Hipótesis	52
Hipótesis Principal	52
Desarrollo, Análisis y Resultados	53
Caracterización del Proceso	53
Diagnóstico Inicial	60
Diagrama de Espina de Pescado	64
Árbol de Problemas.....	78
Propuesta de Mejora	79
Identificación y Análisis del Proceso Actual	80
Análisis de Pedidos	92
Categorización del Inventario y Slotting	96
Verificación de Resultados	104

Análisis Estadístico	108
Validación de Cumplimiento de Resultados Esperados	112
Comprobación de la Disminución de Tiempos de Alistamiento	116
Comprobación del Aumento en la Capacidad Instalada de Alistamiento de Pedidos	117
Conclusiones	122
Recomendaciones	123
Referencias Bibliográficas	124
Apéndices	132

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Dimensiones del Sistema ERP</i>	28
Tabla 2 <i>Categorización de los Almacenes EWM/SAP</i>	55
Tabla 3 <i>Tipos de Almacén y Distribución de Inventario</i>	55
Tabla 4 <i>Áreas de Actividad del Almacén 0050</i>	56
Tabla 5 <i>Distribución de Inventario y SKU's</i>	59
Tabla 6 <i>Ficha Técnica de la Encuesta</i>	61
Tabla 7 <i>Desglose Argumentativo del Diagrama Espina de Pescado</i>	66
Tabla 8 <i>Producción de Unds, Pedidos, Líneas y Cubetas Generadas</i>	80
Tabla 9 <i>% Part Unidades, Pedidos, Líneas y Cubetas Alistadas por Almacenes</i>	81
Tabla 10 <i>% Part Unidades, Pedidos, Líneas y Cubetas Alistadas por Áreas de Actividad</i>	82
Tabla 11 <i>Escalas de Tiempo de Alistamiento de Pedidos</i>	83
Tabla 12 <i>Probabilidad de Tiempos en Alistamiento de Pedidos AA. 0050</i>	85
Tabla 13 <i>Probabilidad de Tiempos en Alistamiento de Pedidos AA. 0054</i>	86
Tabla 14 <i>Correlación de Alistamiento de Cubetas en AA. 0050 y 0054</i>	89
Tabla 15 <i>Secuencia de Alistamiento Orden 2155114</i>	93
Tabla 16 <i>Rangos para Categorización de Rotación de Inventarios por Día</i>	97
Tabla 17 <i>Categorización de Rotación de Inventarios por Día</i>	97
Tabla 18 <i>Rangos de Slotting por Día</i>	98
Tabla 19 <i>Rangos de Slotting por Día</i>	99
Tabla 20 <i>Combinación de Rotación de Unidades y Slotting</i>	101
Tabla 21 <i>Consolidado de Reubicaciones y Movimientos a Realizar</i>	103
Tabla 22 <i>Producción de Unds, Pedidos, Líneas y Cubetas Generadas</i>	105

Tabla 23 <i>Rangos de Tiempos Promedio de Alistamiento de Cubetas en el AA. 0054</i>	105
Tabla 24 <i>Contraste de Rangos de Tiempo Área de Actividad 0054</i>	107
Tabla 25 <i>Comparativo del Modelo Anterior Vs. Modelo Optimizado en Recorridos</i>	113
Tabla 26 <i>Secuencia de Alistamiento Orden 2155114</i>	115
Tabla 27 <i>Comparativo del Modelo Anterior Vs. Modelo Optimizado en Tiempos</i>	116
Tabla 28 <i>Consolidación de Datos y Resultados por Mes (Picking - 0050)</i>	117
Tabla 29 <i>Promedios de Rendimientos en Picking (Modelo Anterior Vs. Modelo Optimizado)</i>	118
Tabla 30 <i>% Variación entre Modelos (Rangos de Tiempos)</i>	119
Tabla 31 <i>Rendimientos por Operario Promedio en Líneas, Unidades y Cubetas (Ordenes)</i> ...	120
Tabla 32 <i>Capacidad Instalada del Proceso de Picking (Producción)</i>	120
Tabla 33 <i>% Variación de la Capacidad Instalada del Modelo Anterior Vs. Modelo Optimizado</i>	121

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Cuadro Conceptual del Marco Referencial</i>	36
Figura 2 <i>Desglose de los Procesos Logísticos</i>	54
Figura 3 <i>Dispositivo Talkman de Vocollect</i>	57
Figura 4 <i>Mapa de Procesos para Alistamiento de Pedidos</i>	58
Figura 5 <i>Ubicaciones Fijas del Almacén 0050</i>	60
Figura 6 <i>Rol de la Población Encuestada</i>	63
Figura 7 <i>Diagrama de Espina de Pescado</i>	65
Figura 8 <i>Árbol de Problemas</i>	79
Figura 9 <i>Distribución de Tiempos Totales Vs. Cantidad de Pedidos Alistados</i>	84
Figura 10 <i>Distribución de Cubetas Alistadas con Respecto a el Tiempo de Alistamiento Aa0050</i>	86
Figura 11 <i>Distribución de Cubetas Alistadas con Respecto a el Tiempo de Alistamiento AA. 0054</i>	88
Figura 12 <i>Gráfico de Correlación para las Cubetas Alistadas en el AA. 0050 y 0054</i>	90
Figura 13 <i>Layout Almacén 0050</i>	91
Figura 14 <i>Diagrama de Recorrido para la Orden 2155114</i>	95
Figura 15 <i>Mapa de Calor y Categorización Slotting</i>	100
Figura 16 <i>Interfaz de Consulta de Optimización de Ubicaciones</i>	102
Figura 17 <i>Modificación de Ubicaciones Almacén 0050</i>	104
Figura 18 <i>Cambio de Curva de Tiempos de Alistamiento Vs. Cubetas</i>	106
Figura 19 <i>Prueba de Normalidad y Ajuste Ejecutada en SPSS</i>	109
Figura 20 <i>Prueba no Paramétrica - Mann-Whitney U</i>	110

Figura 21 <i>Grafico de Tallo y Hojas de las Variables Tiempos_1 y Tiempos_2</i>	111
Figura 22 <i>Grafico de Tallo y Horas de las Variables Tiempos_1 y Tiempos_2</i>	112
Figura 23 <i>Recorrido de la Orden de Almacén 13482792</i>	114

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Modelo de Encuesta para Usuarios Expertos</i>	132
Apéndice B <i>Respuesta de la Aplicación del Instrumento</i>	138
Apéndice C <i>Algoritmo Dax para Clasificar la Rotación de Inventario</i>	145
Apéndice D <i>Algoritmo Dax para Clasificar el Slotting por Día</i>	146
Apéndice E <i>Algoritmo Dax de Optimización de Ubicaciones</i>	147
Apéndice F <i>Archivo de Minería de Datos</i>	149
Apéndice G <i>Archivo de Excel Para Análisis de Datos</i>	150
Apéndice H <i>Algoritmo Dax de Generación de Rangos de Probabilidad</i>	150
Apéndice I <i>Cuadro de Cumplimiento de Etapas y Actividades</i>	152

Introducción

En la actualidad, la eficacia y eficiencia en las operaciones logísticas son esenciales para el óptimo desempeño en las organizaciones bajo el mundo globalizado. Las redes logísticas de valor y las cadenas de abastecimiento desempeñan un papel crucial en la permanencia y adaptación de las empresas ante los cambios y fluctuaciones del entorno (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006). La pandemia del COVID -19 en 2021 destacó la importancia de la resiliencia en las cadenas de suministro, destacando la necesidad de mejorar las prácticas en las operaciones logísticas para enfrentar los cambios y desafíos imprevistos (Viveros et al., 2021).

Al interior de un centro de distribución, los procesos logísticos se dividen en tres grandes subprocesos: entradas, internos y salidas, cada uno de estos con un rol específico en la integración de la cadena de suministro. Entre estos, el proceso de alistamiento de pedidos es fundamental, convirtiendo las solicitudes de los clientes (pedidos) en productos terminados listos para ser despachados, satisfaciendo con esto sus necesidades. Este proceso, sin embargo, es uno de los que mayores recursos necesita para su ejecución, llegando a requerir hasta un 70% del total de personal disponible en el centro de distribución (CEDI) (Duque, Cuellar, & Cogollo, 2022).

Debido a la alta tasa de consumo de recursos en el proceso de alistamiento de pedidos, es necesario buscar estrategias que maximicen la productividad y eficiencia, mejorando con esto el servicio hacia el cliente final. En este contexto, el método slotting, ampliamente utilizada para la optimización del almacenamiento emerge como una herramienta vital en los propósitos de optimización de flujo de proceso. Este método no solo busca gestionar de la mejor forma los pedidos, sino también ahorrar tiempo y recursos mediante una mejor distribución del inventario en ubicaciones altamente estratégicas (Bartholdi & Hackman, 2011).

El presente proyecto se centra en el análisis y optimización del almacenamiento en un centro de distribución de productos farmacéuticos, con cerca de 11.000 Sku's en su modelo de negocio. El desafío radica en el desarrollo de un método que permita clasificar y ubicar estratégicamente estos productos, reduciendo los tiempos de alistamiento de pedidos y mejorando la productividad general del CEDI. La propuesta incluye un análisis de inventarios utilizando técnicas como el análisis ABC y el slotting por correlación Sku's que permite mejorar los recorridos y disminuir los tiempos de procesamiento. (Gu, Goetschalckx, & McGinnis, 2007).

Como aclaración general este proyecto aplicado ya está implementado en una empresa farmacéutica en la ciudad de Bucaramanga y por razones de protección de datos no se autorizó el uso de la razón social de la organización.

Planteamiento del Problema

En el competitivo sector del retail farmacéutico en Colombia, en donde el 69% del mercado es dominado por Cruz verde y Coopidrogas (La Republica, 2023), la eficiencia en los procesos logísticos es crucial para la supervivencia y mantenimiento en el tiempo de las organizaciones de este nicho de mercado (Duque, Cuellar, & Cogollo, 2022). Los centros de distribución, encargados de la logística de entrada (recepción y almacenamiento), logística interna (reaprovisionamiento de ubicaciones de picking) y logística de salida (alistamiento, facturación, despacho y entrega), deben optimizar recursos, tiempos y espacios con el fin de mantener la competitividad (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2006).

El problema principal en este estudio radica en las demoras durante el proceso de alistamiento de los pedidos en los almacenes que realizan el picking manual. (Tompkins, While, Bozar, & Tanchoco, 2010) Indica que la actividad relacionada con la preparación de pedidos (OP) consume el 55% de los costos operativos de un almacén, siendo el tiempo de desplazamiento el factor que mayor incide en los incrementos de los costos logísticos y consumo de personal (pick = 15%, Selección = 20%, desplazamiento = 50%) (p.434)

Estas demoras se deben a múltiples problemáticas de fondo como: La ubicación de los Sku's en el almacén (11.250 Sku's distribuidos sin considerar la rotación por unidades y visitas), desconocimiento de técnicas apropiadas para la gestión de inventarios, configuración inadecuada de estanterías y rutas lógicas de alistamiento y ubicaciones de picking dispersas sin tener en cuenta los productos de alta rotación. Estas ineficiencias resultan en largos recorridos, disminución de la productividad, aumento de la carga laboral y horas extras; adicional, retrasos en los despachos de las rutas y errores en alistamiento de pedidos (Duque, Cuellar, & Cogollo, 2022).

Pregunta de investigación ¿Cómo puede aplicarse efectivamente un modelo de distribución y rotación de inventarios de productos farmacéuticos para mejorar la eficiencia en una empresa de Bucaramanga?

Justificación

En la actualidad en donde el mundo cambia rápidamente y las tendencias de los mercados fluctúan tan inesperadamente, es deber de toda empresa adaptarse, cambiar y mejorar todos sus procesos con el fin de seguir siendo competitivos en el mercado. En los centros de distribución, los recorridos para completar un pedido en el área de picking abarcan aproximadamente entre el 55% y el 65% de todo el tiempo total productivo, siendo una de las áreas que presentan mayores oportunidades para la optimización (Duque, Cuellar, & Cogollo, 2022).

El método slotting es un sistema de almacenamiento ampliamente utilizado como herramienta para la optimización en la gestión de almacenes con movimiento de unidades contenedoras de pallet completo (Viveros, González, Mena, Kristjanpoller, & Robledo, 2021), en donde se busca gestionar pedidos de la forma más eficiente y productiva posible, ahorrando movimientos, tiempos en horas hombre y maquinaria; pero en la literatura estudiada no se menciona en latino América un estudio o proyecto que se relacione con la estructuración de un método un almacén con tantas referencias detallistas como lo son las líneas farmacéuticas. Actualmente la empresa tiene 11.250 Sku' en su portafolio, siendo un desafío enorme para el equipo investigador y para el esfuerzo de la mejora en los tiempos de alistamiento de pedidos. Un proyecto realizado por (Viera, 2014), en donde se implementó un modelo de almacenamiento de Slotting, se realizó la modificación de 25 ubicaciones de Sku's, logrando una mejoría del 19% en tiempos de alistamiento de pedidos. La noción básica teórica que busca en slotting es colocar los productos llamados de alto impacto o de alta velocidad en ubicaciones estratégicas con el fin de minimizar los desplazamientos y lograr la disminución en los tiempos de alistamiento de pedidos, pero para lograr esta meta se debe realizar un fuerte análisis del comportamiento de los productos, recordando que las empresas farmacéuticas tienden a moverse de acuerdo a la

temporada del año que se esté en el momento y por ende el sistema debe de ser totalmente flexible y funcional a los cambios de la tendencia del mercado.

Para este proyecto de aplicación se pretende realizar un análisis de todos los Sku's existentes en el área de surtido (> 11.000 Referencias), con el fin de clasificarlos (A, B, C y D) de acuerdo con el promedio de veces que un operario se dirigió a una ubicación a realizar el alistamiento de un producto y su posterior despacho. Esta clasificación determinará la nueva distribución del Layout en el área de alistamiento de surtido, agrupando los productos de clasificación A y B más cerca (Alta visita y media visita) los cuales al ser más solicitados por los clientes en los pedidos su rotación es mucho mayor en un día, que los de clasificación C y D (Baja y nula visita). La investigación aplicada tiene como misiva principal entregar una metodología totalmente desarrollada y funcional, que permita ser aplicada a las distintas sedes de la empresa; mejorando los indicadores internos de productividad, disminuyendo la concentración de cargas laborales, horas extra y reprocesos en el área de alistamiento de pedidos; Adicional, generar una mejor precepción de servicios a los clientes con la optimización en los tiempos de entrega de los pedidos.

Objetivo

Objetivo General

Determinar la manera efectiva en que las soluciones de distribución de productos farmacéuticos y rotación de inventarios deberían ser aplicables a una empresa de la ciudad de Bucaramanga.

Objetivos Específicos

Caracterizar el sistema actual de almacenamiento de productos farmacéuticos con un enfoque de cumplimiento en los tiempos de pedido.

Analizar los patrones que permiten disminuir los tiempos de alistamiento de productos farmacéuticos en el centro de distribución de una empresa farmacéutica.

Diseñar un sistema optimizado para la distribución de productos farmacéuticos

Validar la efectividad del sistema optimizado de distribución de productos farmacéuticos.

Marco Referencial

Marco Teórico

En el siguiente apartado se exponen los antecedentes que tiene relación con el tema principal de la investigación en formulación del diagnóstico y aplicación de sistemas de almacenamiento.

Árbol de Problemas

Consiste en la representación gráfica hacia arriba de todos los efectos enunciados como severidad o consecuencia. Para esto se desarrolla el método dibujando un árbol que tiene ramas, tronco y raíces, y consiste en que, a partir de una problemática evidenciada, se describen todas las posibles causas en la parte de la raíz, y en la parte de las ramas se describe el efecto de este problema en función de los efectos que dicha problemática pueda desencadenar. Como lo menciona Miranda (2005), este método de diagnóstico es ampliamente utilizado para visualizar los problemas desde todos los puntos de vista y más que todo es apoyado por juicio de expertos y lluvia de ideas que proporcionan soporte a la evaluación de la problemática.

Diagrama de Espina de Pescado (Causa y Efecto)

Esta matriz tiene como enfoque principal la representación gráfica de las relaciones entre el efecto (Problemas), y todas las posibles causas (Factores) que lo puedan producir. Esta herramienta es altamente efectiva como método de diagnóstico y apoyo a otros tipos de herramienta de diagnósticos. Este se divide en un esquema fundamental, que es representado por la relación lineal de las posibles causas y el efecto que desea depurar para normalizar procesos (Urquilo, 1995).

Centro de Distribución

La buena gestión que se pueda tener de un Centro de distribución (CEDI) siempre dependerá del conocimiento que la alta dirección posea sobre el tipo de estructura necesario para el almacenamiento en la organización. Un centro de distribución puede ser definido como un espacio físico donde una o varias compañías almacenan diferentes tipos de mercancía o insumos. En este espacio físico se pueden tener diferentes condiciones de almacenamiento dependiendo de las cantidades de Sku's y sus dimensiones, puesto que pueden ser almacenadas por pallets o unidades sueltas. Una de las características más comunes de los centros de distribución es que por norma general tienden a estar ubicados en áreas de fácil acceso, preferiblemente cerca de autopistas, puertos y aeropuertos, facilitando una eficiente gestión en el recibo y despacho de mercancía. Un CEDI no solo cumple funciones de almacenamiento, sino que también presentan fines diferentes como agentes aduaneros o realizar operaciones productivas como procesos de reempaque o transformación. (Frazelle & Sojo, 2007)

El almacén puede ser definido como el espacio físico de una empresa de una organización en donde puede ir almacenados productos en diferentes fases, ya sean terminados, insumos o en proceso. La mayor diferencia con un CEDI es su tamaño, debido a que un almacén no es tan grande como un CEDI y solo se utiliza para labores de almacenaje sin tener otro tipo de labor. La bodega también cuenta con un espacio físico y su función principal es almacenar todo tipo de mercancía que posteriormente irán a las diferentes estanterías que poseen, mayormente utilizados por los almacenes de retail. (Arrieta, 2011)

Almacenes

Es fundamental tener pleno conocimiento de los diferentes tipos de almacén existentes y determinar si la organización está realizando un eficiente uso de las instalaciones y de los productos que se encuentran almacenados. Según López (2006) existen diferentes tipos de almacén.

Almacén abierto (Al aire libre): son espacios utilizados para almacenar a la intemperie productos a granel no perecederos o algunos productos que se encuentren en la fase de terminados y que no se deterioren con el medio ambiente. Los productos más comunes son los automóviles que se encuentran terminados y a la espera de ser despachados hacia diferentes puntos.

Almacén de distribución: En este espacio físico se destina el almacenamiento de mercancía especialmente productos terminados cuyo destino es ser distribuidos a grandes cadenas de retail.

Almacén logístico: La principal característica es que no posee inventario durante prolongados periodos de tiempo. Su función es distribuir productos sin almacenar por lo que su principal beneficio es ser eficiente en el tiempo de entrega y la confiabilidad que se brinda.

Almacén general de depósito: En este espacio físico se guarda todo tipo de mercancía o de productos en fase terminada y cualquier persona natural o jurídica puede hacer uso de sus servicios. Este almacén tiene como propósito almacenar para que las empresas cuando no tengan espacio suficiente o cuando sea más rentable arrendar un espacio que mantener la mercancía en la empresa, las organizaciones puedan acudir a ella.

Almacén central y regional: Por lo general este almacén se encuentra cerca de la planta de producción o al interior de la empresa. Los almacenes centrales surten a los distintos

almacenes regionales ubicados en otros municipios, lejanos a la planta de producción.

Generalmente, el almacén central cuenta con Sku's de gran tamaño como pallets o estibas de productos, mientras que los almacenes regionales almacenan cajas o unidades de productos.

Picking (Alistamiento de Pedidos)

El picking se trata básicamente de preparar unas ordenes de pedidos en los diferentes tipos de almacén existente en la organización para poder ser entregados al siguiente eslabón de la cadena logística. Según Zhang (2016) el picking se basa en recibir órdenes de almacén para que el encargado (picker) que puede ser un sistema automatizado o un operario, se dirija a las islas o estantería donde se encuentra el SKU solicitado para realizar la recolección analizando la capacidad de transporte del SKU, la cantidad de SKU'S y la extensión de la orden para que esta sea completada y llevada al punto de acopio donde se podrá consolidar con otra fracción del pedido o ser despachada a su destino.

Las actividades de picking se clasifican dependiendo a el grado de interrelación con otras operaciones presentes en el almacenamiento, así:

Picking correlacionado: según lo aportado por Kim y Smith (2012) en donde mencionan la posibilidad de que los Sku's que se relacionen se puedan alistar en el mismo momento, logrando una mayor productividad y por ende estos deberían ser agrupados en el mismo pedido. Al igual esta afirmación tiene variables muy amplias y diversas como la política de pedido del cliente, productos de promoción del día o descuentos especiales (BS & Smith, 2012). De igual forma Matthews y Visagie (2024) en el proyecto aplicado para una empresa de Retail en Sudáfrica validan la eficiencia que presentaron en la gestión del picking relacionado, alistando productos que se encuentran cerca unos de otros y que tiene la misma rotación y slotting (probabilidad alta que salgan en el mismo pedido) los cuales fueron localizados en la misma

sección o cerca uno de otro, logrando aumentar la eficiencia en 15% y disminuir los recorridos directos e indirectos un 25% (Matthews & Visagie, 2024).

Picking no correlacionado: Se refiere a la actividad que alistar pedidos sin tener en cuenta la correlación de *Slotting* para gestionar los recorridos óptimos y tiene aplicación en el almacenamiento aleatorio (Primera ubicación disponible) donde no existe la categoría de ubicación fija. (Duque, Cuellar, & Cogollo, 2020. Matusiak, De Koster y Saarien (2017), presentaron como evidencia el concepto de experticia de los preparadores de pedidos, capacidades, nivel de habilidades físicas y mentales como determinante para la ejecución de tareas en el almacén asignándole la orden de pedido al separador de acuerdo con los factores antes expuestos y la clase de productos que se están alistando (Matusiak, De Koster, & Saarien, 2017).

Una vez definidas las ubicaciones de los SKU's se pueden aplicar algunos métodos de picking para la optimización de las rutas de alistamiento. Principalmente el método heurístico es uno de los más usuales debido a sus amplias posibilidades de combinaciones entre productos y la gran cantidad de ordenes que se generan. (Manzini, Bozer, & Heragu, 2015) (Kuo, Kuo, Chen, & Zulvia, 2016)

Otra de las variables que se debe tener en cuenta en el picking es la organización de este, según García (2020), se puede distinguir 5 tipos de sistemas de picking: individual, por pedido, zonal, por lotes y de ola. Los cuales pueden encontrarse relacionados o combinados entre sí.

Picking individual: En este tipo de picking se accede a los productos de forma individual, lo recolecta y lo deposita en la unidad contenedora junto el resto del pedido. En este tipo de picking se producen los desplazamientos concernientes desde y hasta el origen, según la cantidad de líneas de pedido que pueda tener la orden. Este tipo de picking puede mostrar grandes

beneficios cuando las ordenes tienen muy pocas líneas, los productos son muy diferentes entre sí y el almacén es muy grande.

Picking de pedido: En este tipo de picking se debe visitar todas las posiciones en las que se encuentren el total de las líneas del pedido. La característica de este tipo de picking es que al momento en que el operador o el sistema automatizado termina la orden, el pedido ya se encuentra listo para el despacho. Para este tipo de picking es necesario que el almacén se encuentre correctamente organizado reduciendo la distancia recorrida, y en este recorrido debe ser garantizado que el orden de carga de los productos sea compatible entre sí (productos pesados y de gran volumen debajo, frágiles, pequeños y ligeros en cima),

Picking zonal (Zone Picking): En este tipo de picking se debe estructurar el pedido en zonas, por lo cual el picker se especializa en una determinada zona y exige que al final del proceso las órdenes del pedido deben consolidarse para obtener el pedido que se despachará al cliente. El picking zonal posee dos estrategias; el picking and pass, en donde el picker 1 termina la orden y deja en una posición estratégica para que el picker 2 realice la siguiente orden del mismo pedido en la misma unidad contenedora. Y la segunda estrategia se denomina el pick and merge, en este caso el picker 1 termina la orden y transporta la unidad contenedora a un lugar donde una vez se terminen todas las órdenes del pedido, este será consolidado para ser despachado.

Picking por lotes (Batch Picking): En este tipo de picking se recogen varias órdenes de tamaño pequeño y se fusionan generando una única orden reduciendo los desplazamientos al momento de realizar el alistamiento.

Picking por ola (Wave Picking): en este tipo de picking, todos los pedidos de un determinado periodo de tiempo son agrupados, Para esto es necesario contar con un Sorting que permita reasignar o reagrupar los pedidos según la necesidad.

Distribución de Plantas (Layout)

La distribución de planta o Layout es el proceso de ordenamiento de los elementos que conforman el sistema productivo en un determinado espacio físico, con el ánimo de alcanzar los objetivos de producción de la forma más eficiente posible. (Chase & Jacobs, 2014)

Es importante identificar que según varios autores la distribución de la planta tiene un impacto importante y directo en la eficiencia de la producción y la productividad de la operación. (Vasudevan, 2011) (García Hernandez, Arauzo Azofra, Salas Morara, Pierreval, & Corchado, 2013)

Por esta razón es necesario tener presente que la identificación de oportunidades de mejora en la distribución espacial de los centros de actividades se convierte en algo vital si se quiere lograr una eficiencia y una productividad altamente competitiva. Sin embargo, lograr una distribución espacial óptima en una organización requiere de un proceso complejo e iterativo, en donde principalmente depende de las relaciones que existen entre los elementos que conforman el sistema de producción. (Pérez Gosende, 2016)

Aunque se ha establecido que la óptima distribución espacial (layout) proporciona beneficios en cuanto al aumento de eficiencia y de la productividad que a su vez se transforma en alta competitividad y sobre todo cuando se aplican conceptos de producción recientes como los sistemas de fabricación flexibles (FMS), fabricación por ordenador (CIM) o los sistemas de suministro de materiales Just InTime (JIT). También se debe reconocer que un Layout óptimo permite reducir los requerimientos de espacio y los desplazamientos que deben realizar los

materiales, disminuyendo el volumen de tareas del proceso, mejorando el control de materiales y producto terminado. (Diego Más, 2020)

Con lo anterior se ha expuesto que una correcta distribución de actividades productivas conlleva a una cantidad de beneficios que se transforman en competitividad para la empresa, pero para lograr estos beneficios es necesario que el Layout cumpla con unos determinados objetivos. Según Tawfik & Chauvel (1992), la decisión relativa de la localización y la óptima distribución espacial consiste en realizar esta elección racionalmente sobre el sitio o región que favorezca la rentabilidad de las operaciones, convirtiéndola en una de las decisiones más importantes para la administración. Según Moore (1962), esta decisión se debe basar en 7 objetivos básicos para cumplir con una óptima distribución de planta:

- Simplificar al máximo el proceso productivo;
- Minimizar los costos de manejo de materiales;
- Disminuir la cantidad de trabajo que se encuentra en curso;
- Aprovechar el espacio de la forma más eficiente posible;
- Aumentar la satisfacción del operario y procurar su seguridad;
- Evitar inversiones de capital innecesario;
- Aumentar la productividad de los operarios estimulándolos convenientemente.

Diagrama de Flujo

La aplicación de los diagramas de flujo permite aplicar un paradigma cualitativo como lo menciona Hernández & Baptista (2006), utilizando la recolección de datos sin medición numérica, para descubrir o afinar la pregunta de investigación en el proceso de interpretación. Basado en esto un diagrama de flujo representa la esquematización gráfica de algoritmos, donde se muestran gráficamente los pasos o procesos que se deben seguir para lograr la solución de un

problema. La importancia del diagrama de flujo radica en que muestra el sistema como una red de procesos funcionales relacionados entre sí por tuberías y depósitos de datos que permite visualizar el movimiento de la información a través del sistema.

Durante el proceso de modelación del sistema es necesario realizar la identificación de tareas y la estructuración de la correlación de todos los actores del modelo, representando así el flujo de las relaciones de trabajo. En estos diagramas de tareas se debe representar en el flujo de tareas, el orden en que estas se llevan a cabo en la organización, denotando la relación lógica entre todas las tareas que hacen parte del diagrama. (Fernández & Quintanar, 2015)

Para la realización del diagrama de flujo es importante definir en un diagrama las actividades de forma secuencial modelando así el flujo de tareas. Para modelar las operaciones se debe diagramar las operaciones utilizando una serie de elementos básicos como: Peticiones, Nodos de acción, Nodos de control, Nodos de objeto y Control de flujo. Es a partir de estos objetos que se puede modelar sistemas completos. (Simons, 2006)

Sistema ERP / SAP

El sistema utilizado en la empresa objeto de estudio se basa en el Sistema Enterprise Resource Planning (ERP), que según, la Asociación Española de Contabilidad y Administración de empresas (2015), tiene como antecesor los sistemas Planificación de Requerimientos Materiales (MRP), los cuales surgen debido al interés que presentaban los empresarios de predecir la demanda y la estimación de insumos que se requerían en la producción. A diferencia de los MRP, los ERP se centran en la gestión del tiempo en lugar de la gestión de materiales, siendo altamente adaptable que incluye soluciones integradas de negocio para los principales procesos de la empresa.

De acuerdo, a Lacub (2015), el software ERP, viene siendo la columna vertebral de una empresa, si no se aplica correctamente o no se aprovecha ya sea por la carencia de compromiso o pocas intenciones de mejora, generaría una merma sustancial del potencial del sistema, lo que obstaculizaría el logro de los objetivos estratégicos y las metas de la empresa.

Según Tsai et al. (2009), El Sistema Enterprise Resource Planning (ERP) presenta 4 dimensiones de negocio:

Tabla 1

Dimensiones del Sistema ERP

Dimensiones	Indicadores
Calidad a nivel de sistema	Exactitud de datos, contenido de datos, actualización de la data, exactitud a nivel del sistema, tiempo de respuesta
Calidad de la información	Confiabilidad, oportunidad, usabilidad, comprensión, relevancia
Impacto individual	Desempeño individual, productividad individual, calidad de decisión individual, identificación de problemas, interpretación exacta
Impacto organizacional	Finanzas, Cliente, procesos de negocio interno, crecimiento y aprendizaje

Nota. Adaptado de *Evaluating the Information Systems Success of ERP Implementation in*

Taiwan's Industries, Tsai, Tsaur , Chou, Liu, & Hsu, (2009)

https://www.researchgate.net/publication/224096884_Evaluating_the_Information_Systems_Success_of_ERP_Implementation_in_Taiwan's_Industries

El sistema ERP utilizado en la empresa objeto de estudio se denomina SAP; el cual pertenece a la empresa alemana que lleva su mismo nombre SAP S.E., SAP contiene un conjunto de aplicaciones compatibles e integrados entre sí llamado SAP Business Suite. En este caso el módulo sobre el que se realizará el estudio se llama, Enterprise Resource Planning (SAP ERP), siendo este módulo más importante y también el más conocido.

El SAP ERP, se subdivide también en una serie de módulos, que van desde la planificación de la producción (Producción Planning P.P.), Gestión de almacén (Warehouse Management W.M.), hasta la Gestión de RRHH (Human Capital Management H.C.M). (Crespo, 2018)

Dentro del sistema de Gestión de almacén (Warehouse Management W.M.), existe una actualización donde se crea un módulo externo llamado SAP EWM, (Extended Warehouse Management), este módulo también es utilizado por la empresa objeto de estudio, el cual permite conectar y controlar desde el ERP, elementos físicos del almacén. Dentro de los grandes beneficios de este sistema, es que permite conectar con dispositivos bidireccionales de información como scanner, impresoras, PLCs, entre otros. (Matheis & Speck, 2023)

Distribución Normal

La distribución normal, también conocida como distribución de Gauss, es una de las distribuciones de probabilidad más importantes en el ámbito de la estadística. De acuerdo con, DeGroot (1988), presenta tres razones fundamentales para ser considerada como la más importante desde diferentes puntos de vista:

Punto de vista matemático: se puede suponer que la distribución de una población de donde se extrae una muestra aleatoria sigue una distribución normal, obteniendo distribuciones de varias funciones importantes de las observaciones muestrales don una forma sencilla.

Punto de vista científico: aproxima en varias ocasiones los valores que se obtienen para variables que se miden sin errores sistémicos.

La razón de la existencia del Teorema Central del Límite, el cual establece que cuando se presenta una muestra aleatoria robusta, puede tratarse como aproximadamente distribuciones normales.

La distribución normal se caracteriza por una función de densidad simétrica en forma de campana, definida por dos parámetros fundamentales:

Media (μ): Representa el promedio o valor esperado del conjunto de datos. En la logística farmacéutica, la media puede asociarse con el nivel promedio de demanda de un medicamento en un periodo específico.

Desviación estándar (σ): Mide la dispersión de los datos alrededor de la media. Una menor desviación indica mayor consistencia en los niveles de inventario o demanda.

Su relevancia en este estudio radica en su capacidad para modelar una amplia gama de fenómenos naturales y operativos, incluyendo la variabilidad en los tiempos de entrega, la demanda de productos y los niveles de inventario. En el contexto de la distribución de productos farmacéuticos, la comprensión y aplicación de la distribución normal permite optimizar los procesos de rotación de inventarios y garantizar una gestión efectiva de los recursos disponibles. Según Granada (2008), el nivel de servicio es una variable que impacta de forma directa los índices de inventario que se deben sostener en una compañía con el propósito de no presentar ventas perdidas en cada uno de los segmentos de clientes.

Para esto es necesario que a cada segmento de clientes se le asigne un nivel de servicio de acuerdo con su relevancia, lo que se traduce a que el nivel de servicio corresponde a una probabilidad que la empresa pueda cumplir con la demanda en un momento determinado, en

términos de tiempo, cantidad, referencias y lugar de entrega. Posteriormente es necesario convertirlos a factores que traduzcan su equivalencia a variables que afecten directamente al inventario para cubrir la demanda, por esta razón es necesario efectuar este cálculo mediante la distribución de probabilidades normal y su resultado representa el número de desviaciones estándar que se deben tener como adicionales en el stock de seguridad.

Prueba de Bondad de Ajuste Kolmogorov-Smirnov

Generalmente el uso de pruebas no paramétricas se considera las más indicadas para analizar datos que no cumplen con los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Pero como una excepción a la regla, la suposición de normalidad de los datos o el emplear pruebas de bondad de ajuste que no son adecuadas para el tamaño muestral son aspectos comunes, por lo que es necesario el uso de pruebas estadísticas no ajustadas a la distribución real y el establecimiento de conclusiones erróneas. (Pedrosa, Juarros Basterretxea, & Robles Fernández, 2014).

La prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov para una muestra evalúa la correspondencia entre la función de distribución acumulada observada de una variable y una distribución teórica específica, como la normal, uniforme, de Poisson o exponencial. Esta se calcula a partir de la mayor diferencia absoluta entre las funciones de distribución acumuladas teórica y observada. Esta prueba de bondad de ajuste evalúa si las observaciones pueden provenir razonablemente de la distribución indicada. (IBM, 2024)

Una de las fortalezas de esta prueba radica en su capacidad para evaluar la bondad de ajuste de cualquier distribución de probabilidad, y no exclusivamente la normal. No obstante, para su aplicación es fundamental disponer de los medios y la desviación estándar de la población de origen de la muestra, parámetros que, en la mayoría de los casos, no se tienen con

certeza. Para abordar esta limitación, se emplea la corrección de Lilliefors, la cual permite contrastar la adecuación del ajuste a la distribución normal mediante el cálculo del estadístico basado en estimaciones muestrales de los medios y la desviación estándar, en lugar de los valores poblacionales exactos. (Molina, Bondad de ajuste a una normal., 2024)

Para los supuestos La prueba de Kolmogorov-Smirnov parte del supuesto de que los parámetros de la distribución teórica han sido previamente definidos. No obstante, en ciertos casos, estos parámetros se estiman a partir de la muestra analizada. Por ejemplo, en una distribución normal, se consideran la media y la desviación estándar muestrales; en una distribución uniforme, los valores extremo inferior y superior determinan su rango; en la distribución de Poisson, el parámetro es la media muestral, al igual que en la distribución exponencial. Es importante señalar que la eficacia de esta prueba para identificar desviaciones respecto a la distribución hipotética puede verse significativamente reducida cuando los parámetros no son predefinidos.

Cuando es necesario estimar ciertos parámetros de la distribución a partir de la muestra, la prueba de Kolmogorov-Smirnov deja de ser aplicable. En tales casos, se recomienda el uso de la estadística de prueba de Lilliefors, la cual emplea métodos de muestreo de Monte Carlo para calcular el valor y evaluar la normalidad en situaciones donde la media y la varianza son desconocidas. Esta prueba es aplicable a tres distribuciones continuas: normal, exponencial y uniforme. No obstante, no se recomienda su uso cuando la distribución subyacente es discreta, como en el caso de la distribución de Poisson. Además, esta prueba solo es válida para inferencia basada en una única muestra en escenarios donde los parámetros de la distribución no han sido previamente especificados. (IBM, 2024)

Por esta razón en el presente estudio se emplea la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov en distribuciones simétricas de 217 registros del modelo optimizado que concuerdan con los requerimientos y los cuales se contrastan con la misma cantidad de registros del modelo anterior, siendo la muestra mediana al no sobrepasar los 500 registros se recomienda la aplicación de la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov.

Pruebas No Paramétricas (Mann-Whitney U)

Cuando se busca evaluar la diferencia entre dos o más grupos, lo más recomendable es emplear pruebas de significación estadística paramétricas, ya que estas permiten identificar con mayor precisión las variaciones entre los grupos analizados. No obstante, en determinadas circunstancias, esta opción no es viable, lo que obliga a recurrir a pruebas de contraste no paramétricas. Existen casos en los que los datos recopilados en una investigación no cumplen con los supuestos de normalidad, o bien corresponden a variables cualitativas ordinales con tamaños muestrales reducidos. En estos escenarios, es necesario emplear pruebas de significación estadística no paramétricas, también conocidas como pruebas de libre distribución.

Para comparar medias o medianas independientes, las pruebas de significación estadística más apropiada es la prueba U Mann Whitney; la cual en equivalencia a la prueba paramétrica sería la prueba T de Student. (Romero Saldaña, 2013)

La prueba de la U Mann Whitney, también se le conoce como la prueba de suma de rangos de Wilcoxon, esta prueba se considera como una prueba no paramétrica permitiendo comparar las medianas de una variable cuantitativa para las dos categorías de una variable cualitativa dicotómica y esta es aplicada cuando no es posible asumir los supuestos necesarios para utilizar la prueba t de Student. Esta prueba requiere ordenar los rangos de los resultados de las variables dependientes, por lo que no compara medias sino medianas.

Una de las grandes ventajas de esta prueba es que se encuentra sin restricción de requisitos y supuestos necesarios en las pruebas paramétricas. Su desventaja es que es menos potente que la alternativa paramétrica por lo que costará más alcanzar $P < 0,05$. Para realizar el contraste es necesario: ordenar por rangos los resultados de la variable continua para las dos categorías combinadas, después sumar por rangos los resultados de las dos categorías por separado y posteriormente comparar los dos resultados para decidir si la diferencia se debe al azar. (Molina, 2022)

Esta prueba es utilizada cuando no es posible la aplicación de otras pruebas como la prueba t independiente o la prueba de z, debido a que los datos no cumplen con los requisitos. También es utilizada en la comprobación de heterogeneidad de dos muestras ordinales.

Prueba Anova (Prueba de Hipótesis)

El modelo de análisis de varianza de una vía (ANOVA) se aplica cuando los términos de error presentan una distribución normal con sesgo. Los parámetros desconocidos se estiman utilizando la metodología de máxima verosimilitud (ML). A partir de estos estimadores, se desarrollan nuevos estadísticos de prueba. Las simulaciones realizadas indican que los estimadores y pruebas propuestas son más eficientes y robustos en comparación con los métodos basados en la teoría normal. Además, se analiza un conjunto de datos reales para demostrar el rendimiento de los estimadores y sus pruebas asociadas. (Celik, Senoglu, & Arslan, 2015)

El estudio estadístico se divide en dos áreas principales: el análisis descriptivo y el análisis inferencial. La inferencia se centra en sacar conclusiones basadas en los análisis efectuados a partir de datos obtenidos de una muestra. Para determinar la probabilidad de que las conclusiones extraídas de dicha muestra sean representativas de la población original, se emplean pruebas estadísticas. Para facilitar esta elección, es esencial considerar tres aspectos

fundamentales: el diseño del estudio, la cantidad de mediciones realizadas y la escala de las variables analizadas.

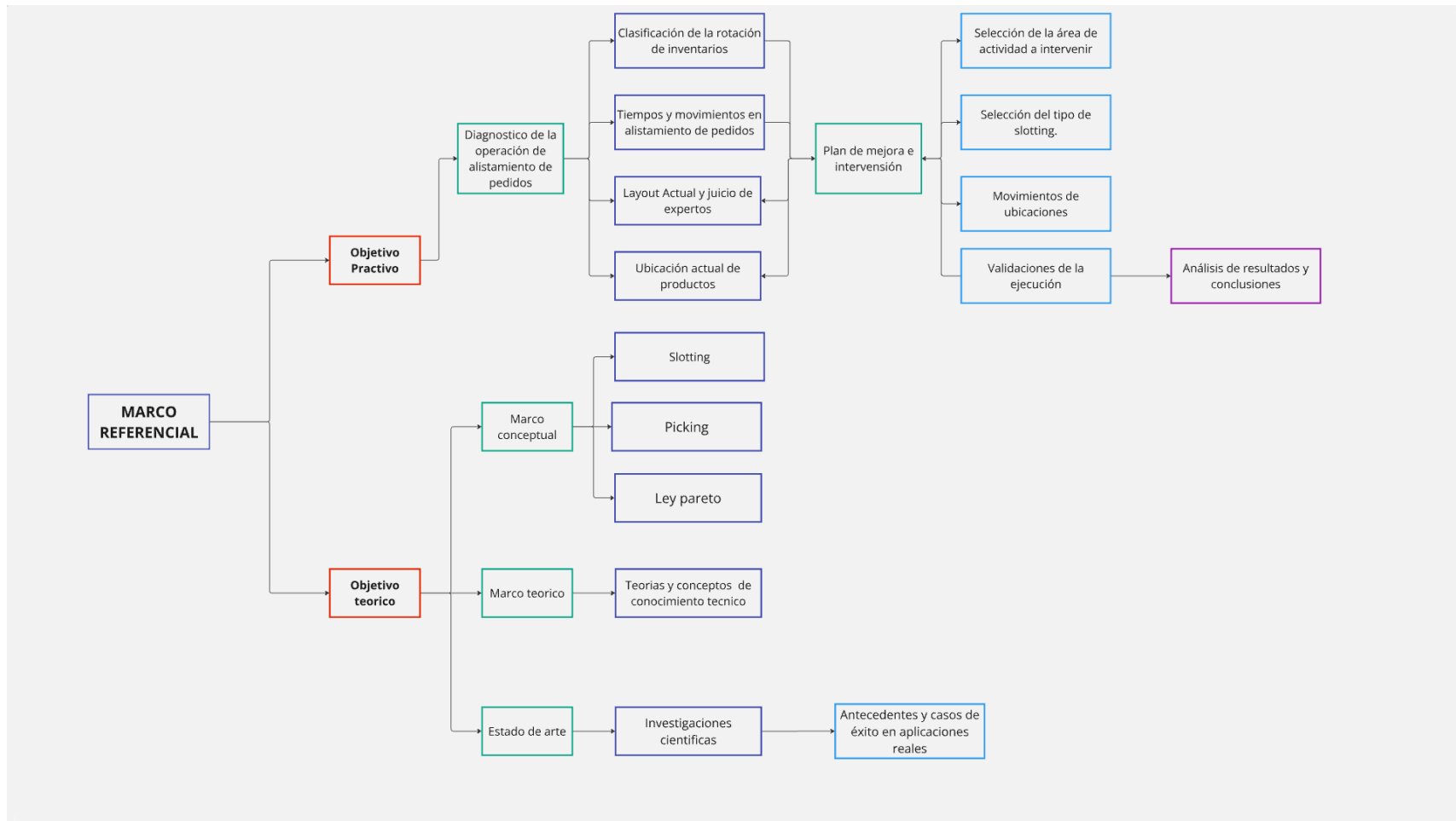
Las pruebas estadísticas se dividen en dos categorías principales: paramétricas y no paramétricas. Las pruebas paramétricas requieren que los datos sigan una distribución normal para aplicarse correctamente. Elegir la prueba estadística más apropiada es crucial, ya que esto contribuye a la adecuada interpretación y aplicación de los hallazgos en cualquier proyecto de investigación. (Florez Ruiz, Miranda Novales, & Villasís keever, 2017)

Marco Conceptual

Para el desarrollo del marco referencial, se estableció una serie de pasos que facilitan la comprensión y el despliegue del modelo operativo, permitiendo alcanzar el resultado final. Este proceso se detalla en la *figura 1*. La metodología del *slotting* se considera como una actividad de los procesos logísticos que analiza la distribución de artículos (productos, materias primas, etc.) de forma estratégicas en los almacenes, cuyo fin es acomodar de tal forma que se disminuyan los tiempos y recorridos para el alistamiento (Picking) de un pedido completo; para ello se han desarrollado diversos métodos y técnicas que ayudan a desarrollar y potencializar la optimización de la estrategia de almacenamiento y estos se describen a continuación:

Figura 1

Cuadro Conceptual del Marco Referencial



Nota. Descripción del paso a paso en la ejecución del marco referencial asociado al proyecto aplicado, elaboración propia.

Slotting (Ubicación Inteligente de Productos)

Se define como ubicación inteligente la disposición estratégica de los productos (SKU's) en un centro de distribución, atendiendo a parámetros específicos como la rotación y la cantidad de visitas de picking requeridas. El propósito fundamental de este método es la optimización de los procesos de manejo de materiales, buscando la eficiencia en la consolidación de pedidos de acuerdo con las normativas del negocio y la caracterización del inventario. El Slotting tiene dos variables fuertes a considerar las cuales son la rotación del producto en unidades, las características del producto (volumen, peso, presentación, manejo del material) (Mora, 2016).

Según Mora (2016), esta metodología garantiza que los productos con alta tendencia de salida (Categoría A) estén más cerca uno de otros con el fin de disminuir los recorridos que se tiene que generar para completar el pedido, de acuerdo con esto se deben posicionar los productos de alto Slotting cerca de los pasillos de acceso rápido y cerca de otros productos con medio slotting con el fin de asegurar un alistamiento de pedidos y un llenado más rápido

Dado a que la demanda de productos puede cambiar súbitamente, el mantenimiento de la técnica debe de ser constante y permanente con el fin de asegurar la eficiencia en los procesos de picking, adicional de un monitoreo constante de la rotación en torno a no disminuir la productividad, al igual que contar con un sistema de ERP robusto que garantice un flujo constante de información.

Tipos de almacenamiento: Las actividades relacionadas con el *Slotting* se clasifican de acuerdo con el tipo de almacenamiento que la empresa o entidad este llevando a cabo y también de las características físicas de cada producto almacenado (Duque, Cuellar, & Cogollo, 2020).

Almacenamiento aleatorio: Cuando ingresa un Sku al almacén este es acomodado en el primer espacio disponible de forma “Caótica” en donde no se tiene en cuenta criterios como la

rotación o la cantidad de veces que este material es solicitado para despacho, esto puede conllevar a problemas al interior del almacén debido a la creciente complejidad que han adquirido los procesos de inventario en el almacén, lo cual ha generado una gestión más laboriosa y desafiante en dicho contexto, además podría conllevar mayores costos de operación, sobre todo con productos perecederos (Duque, Cuellar, & Cogollo, 2020).

Almacenamiento dedicado: Este tipo de almacenamiento está enfocado en la asignación dedicada o específica de Sku's a ubicaciones, con el fin de que cada producto tenga su ubicación definida y estática sin prevalencia de movimientos de ubicación. (Duque, Cuellar, & Cogollo, 2020).

Almacenamiento basado en clases: Yu, DeKoster, y Guo (2015), señalan que el almacenamiento basado en clases divide los Sku's almacenados en clases según su rotación y asigna la región más cercana a la salida del almacén el grupo de productos que tiene una mayor rotación, logrando con esto la disminución de recorridos y un viaje más corto al momento de alistar artículos (Yu, DeKoster, & Guo, 2015).

Almacenamiento correlacionado: En este tipo de almacenamiento, los SKU's se agrupan por medio de "Clústeres" con el objetivo de reunir repuestos y cantidades en función de las necesidades de dos o más productos. Esta agrupación se basa en el análisis de la forma en que se alistan las órdenes de pedido y la relación entre los productos que suelen solicitarse juntos. (Duque, Cuellar, & Cogollo, 2020).

Métodos de Slotting. La aplicación de los métodos de slotting puede abordarse desde diversos enfoques, considerando especialmente la ubicación de los SKU y su comportamiento a lo largo del desarrollo de la actividad productiva. Esto implica la necesidad de gestionar cambios

en la ubicación de los productos, basándose en datos históricos de rotación de inventario y en los movimientos registrados desde ubicaciones específicas.

Los métodos de slotting de mayor relevancia en el ámbito industrial y logístico son:

Slotting ABC. El slotting consiste en la clasificación y ubicación estratégica de los productos en tres grupos principales (A, B y C), según la tendencia de la demanda. Esta clasificación se basa en la rotación de cada SKU o en su porcentaje de participación respecto al total de referencias. Es importante destacar que este análisis se enfoca en la cantidad de unidades despachadas desde el almacén, sin considerar el valor económico del producto, ya que un artículo de bajo movimiento puede tener un alto costo, mientras que uno de alta rotación podría tener un valor reducido. Usualmente, se elabora un diagrama comparativo y se aplican ponderaciones por rangos para definir a qué grupo pertenece cada SKU. Los productos clasificados como categoría A de alta rotación y frecuentes movimientos, suelen ubicarse cerca de las entradas o salidas de los pasillos, optimizando así los tiempos de acceso. En contraste, los SKU clasificados como C o D, que representan un flujo de materiales bajo o nulo, se almacenan en zonas de menor tránsito o en pasillos más alejados. Ballou (2003) describe que los productos de clasificación A se deben almacenar cerca de la entrada salida de los almacenes debido a su alta rotación, en comparación con los productos tipo B y C en donde no se tiene que almacenar tan cerca, inclusive se destinan para otro almacén, al igual que los productos de última categoría como los tipos D que son productos que nunca rotan (Ballou, 2003).

Slotting COI (Cubeper Order Index). Este tipo de método de almacenamiento se enfoca en la rotación del producto, pero en tema de volumen, esto quiere decir que combina la rotación de unidades desde el almacén y el volumen que estas unidades puede generar en el despacho (Ballou, 2003). Este tipo de slotting se dedica garantizar espacio y rotación para productos de

gran volumen que alto impacto en los despachos, aunque este método es poco considerado debido a que estas características en conjunto generan restricciones. (Duque, Cuellar, & Cogollo, 2020).

Slotting por correlación de Sku's. Esta estrategia de ubicación se fundamenta en identificar productos con una alta correlación en sus patrones de salida, con el propósito de agruparlos en ubicaciones próximas dentro del almacén. Al posicionar juntos los artículos que suelen ser recolectados de manera conjunta, se optimizan los recorridos de picking, reduciendo significativamente el tiempo y la distancia de desplazamiento, y mejorando así la eficiencia operativa. (Zhang, 2016). Para que este tipo de slotting genere el efecto deseado, es necesario agrupar los productos en "islas de referencias", lo que permite ubicar juntos aquellos artículos que suelen solicitarse en un mismo pedido. Este agrupamiento cercano facilita la preparación de pedidos en menos tiempo y con recorridos más cortos, mejorando así la eficiencia del proceso logístico. (Duque, Cuellar, & Cogollo, 2020).

Análisis de ABC (Regla de Pareto)

Krajewski y Ritzman (2000), Se presenta la regla del análisis ABC basada en el principio de Pareto, el cual establece que el 80% de los resultados provienen del 20% de las causas. Aplicado al contexto del proyecto, esto se traduce en que el 80% de las salidas de mercancía son generadas por el 20% de los SKU existentes en los almacenes. Este enfoque permite identificar con mayor facilidad los problemas relacionados con la gestión de inventarios, facilitando la toma de decisiones oportunas y permitiendo un análisis detallado de los procesos asociados a los movimientos de materiales. (Krajewski & Ritzman, 2000).

Picking (Alistamiento de Pedidos)

Los procesos de alistamiento de pedidos se clasifican según su grado de interrelación con los tipos de almacenamiento y las operaciones de almacenamiento desarrolladas de la siguiente forma:

Picking relacionado: Según Kim y Smith (2012), los SKU que están relacionados entre sí pueden ser alistados simultáneamente, lo que incrementa la productividad. En consecuencia, estos productos deberían ser agrupados en el mismo pedido. Sin embargo, esta afirmación está sujeta a diversas variables, como las políticas de pedidos del cliente, productos en promoción del día o descuentos especiales. (BS & Smith, 2012). De igual forma Matthews y Visagie (2024) en el proyecto aplicado para una empresa de Retail en Sudáfrica validan la eficiencia que presentaron en la gestión del picking relacionado, alistando productos que se encuentran cerca unos de otros y que tiene la misma rotación y slotting (probabilidad alta que salgan en el mismo pedido) los cuales fueron localizados en la misma sección o cerca uno de otro, logrando aumentar la eficiencia en 15% y disminuir los recorridos directos e indirectos un 25%.

Picking no relacionado: Se refiere a la actividad que alistar pedidos sin tener en cuenta la correlación de *Slotting* para gestionar los recorridos óptimos y tiene aplicación en el almacenamiento aleatorio (Primera ubicación disponible) donde no existe la categoría de ubicación fija. (Duque, Cuellar, & Cogollo, 2020). Matusiak, De Koster y Saarien (2017), presentaron como evidencia el concepto de experticia de los preparadores de pedidos, capacidades, nivel de habilidades físicas y mentales como determinante para la ejecución de tareas en el almacén asignándole la orden de pedido al separador de acuerdo con los factores antes expuestos y la clase de productos que se están alistando (Matusiak, De Koster, & Saarien, 2017).

Marco Histórico

Con el fin de expandir mayormente los conceptos, técnicas y herramientas de redes de valor y Logística; se describe el marco histórico de dichas herramientas utilizadas a través del tiempo para proporcionar soluciones iguales o similares a las planteadas en este proyecto aplicado:

El alistamiento de pedidos o Picking es definido según Koster (2010), como el proceso de recuperación de productos dentro de zonas de almacenamiento en respuesta a una petición de un cliente, pero para que se ejecute debe ser convertida en una orden que mantenga una lista de preparación con detalles sobre la ubicación de cada artículo, cantidades y la secuencia con la que se realizará su alistamiento mediante una persona que se desplaza a través del almacén seleccionando cada artículo y al cual se le atribuye el nombre de separador.

El proceso de picking o alistamiento de pedidos ha evolucionado significativamente a lo largo de la historia, impulsado por el crecimiento del comercio, los avances tecnológicos y la necesidad de mayor eficiencia en la gestión de la cadena de suministro. Desde los métodos manuales tradicionales hasta la automatización y digitalización actuales, el picking ha experimentado cambios profundos que han permitido mejorar la precisión, la velocidad y la eficiencia operativa en los centros de distribución.

En las primeras formas de comercio y distribución, los pedidos eran preparados manualmente por trabajadores que recorrían los almacenes seleccionando los productos requeridos. Este método predominó durante siglos, dependiendo enteramente de la memoria y la experiencia de los operarios. Con la Revolución Industrial, la creciente demanda de productos y la expansión del comercio impulsaron mejoras en la organización de los almacenes, aunque el picking seguía siendo un proceso lento y propenso a errores.

Con el auge de la producción en masa y la logística moderna en el siglo XX, se implementaron métodos más estructurados para la organización de los inventarios. Surgieron sistemas de almacenamiento más eficientes, como estanterías móviles y la clasificación de productos basada en la rotación. A partir de los años 60 y 70, con la llegada de las computadoras a la gestión logística, se desarrollaron los primeros sistemas de gestión de almacenes (WMS, por sus siglas en inglés), que, aunque requerían a menudo la entrada de datos manuales, permitieron mejorar el control de inventarios y optimizar las rutas de picking. (TodSistem, 2024)

En los años 80 y 90, la introducción de códigos de barras y escáneres láser revolucionó el picking al reducir errores y mejorar la velocidad del proceso. Los primeros códigos de barras se desarrollaron para la gestión de los productos en la industria alimenticia, sin embargo, tuvo que sufrir varias transformaciones para que la tecnología que se requería el utilizar las herramientas necesarias para la lectura de los códigos de barras pudiera estar en diferentes empresas. Debido a esto comenzaron a utilizarse sistemas de radiofrecuencia (RF) y etiquetas electrónicas para facilitar la localización y recolección de productos en los almacenes. Durante esta época, los centros de distribución adoptaron estrategias como el "batch picking" y el "zone picking", que optimizaron el recorrido de los operarios y redujeron el tiempo de alistamiento. (Guzmán, 2020)

Con la llegada de la Industria 4.0, término que surgió en Alemania en el año 2011, haciendo referencia a las estrategias gubernamentales basadas en la alta tecnología, automatización y digitalización de procesos (Mosconi, 2015). Todo esto ha favorecido el picking gracias al uso de tecnologías que sustentan la industria 4.0 y la fabricación inteligente mediante simulación, fabricación aditiva, sistemas de integración horizontal y vertical (Rüßmann, y otros, 2015). Los sistemas de gestión de almacenes (WMS) se han integrado con herramientas como el Internet de las Cosas (IoT), la Inteligencia Artificial (IA) y el Big Data, permitiendo una

optimización en tiempo real del proceso de picking. La automatización ha dado lugar a sistemas como el "pick-to-light" y "voice picking", así como el uso de robots autónomos y brazos mecánicos que reducen la intervención humana y mejoran la precisión.

En el contexto de la Industria 5.0, el picking evoluciona hacia un modelo más sostenible, eficiente y colaborativo entre humanos y máquinas. Se espera que los algoritmos de optimización, la inteligencia artificial y la robótica colaborativa desempeñen un papel fundamental en la personalización de los procesos logísticos, asegurando no solo eficiencia, sino también bienestar para los trabajadores. (Ynzunza Cortés, Izar Landeta, Bocarando Chacón, Aguilar Pereyra, & Larios Osorio, 2017) bajo el enfoque de la gestión de la cadena de suministro, en donde se requiere el desarrollo e implementación de modelos y metodologías orientadas a la optimización de operaciones y procesos internos, con el propósito de mejorar la eficiencia operativa, incrementar la capacidad de respuesta y reducir costos logísticos. Dentro de este ámbito, las actividades ejecutadas en almacenes y centros de distribución desempeñan un papel estratégico en la consecución de niveles de servicio óptimos y en la generación de ahorros en los costos logísticos totales. (Duque Jaramillo, Cuellar Molina, & Cogollo Flórez, 2018)

El análisis ABC es un derivado de la ley de Pareto y fue expuesta por el filósofo e ingeniero italiano Vilfredo Pareto en 1896 que en su libro *Course d'économie* (Kramis, 1994), realiza un ejercicio académico al comparar la población de la alta sociedad italiana y con la población en general, dando se cuenta que la acumulación de la riqueza en la población en general (italiana) estaba conformada por el siguiente análisis; el 20 % de la población acumula el 80% del total de toda la riqueza de la ciudad, mientras el 80% del resto de la población solo tiene el 20% de la riqueza para distribuirse. Esta ley como tal se conoce como 80-20 y tiene

aplicaciones en todas las ramas del conocimiento, desde la estadística, matemáticas, logísticas, medicina, etc.

El principio fundamental esta técnica es la clasificación de los inventarios de acuerdo con la valorización y del costo de los ítems que estos (inventarios) contienen. Según el trabajo de grado desarrollado por (Barrionuevo & De Jesus, 2010) “Logística de Inventario y su incidencia en la pose en la Farmacia Cruz Azul Internacional de la ciudad de Ambato”, la división del inventario se subdivide en las clasificaciones; A, para los productos que son el 20% del total de las referencias pero tiene el 80% del valor del inventario; B, para los productos que son los ítems que tiene el 30% del total de las referencias, pero solo el 15% del valor del inventario; C, son para los productos que poseen el 45% del total de las referencias pero el 4% del valor del inventario y la clasificación D, Para productos que tiene el 5% del total de las referencias y el 1% del valor del inventario. Este es considerado como inventario obsoleto, muerto o de nula rotación y es considerando como un inventario de difícil salida dado a que es obsoleto, averiado, vencido, etc.

Estado del Arte

Este apartado presenta una revisión de literatura científica de los últimos diez años sobre las herramientas que se emplearán en el proyecto. Se destaca el método slotting, ampliamente utilizado en sectores industriales, alimentarios y logísticos por su eficacia en la organización del almacenamiento. Sin embargo, su adopción en la distribución farmacéutica es limitada, debido a la complejidad operativa asociada al manejo de numerosos SKU's con distintas presentaciones, fechas de vencimiento, lotes y restricciones regulatorias propias del sector. (Arrieta, 2011).

Un antecedente relevante de la actividad investigativa se encuentra en el artículo de Viveros, González, Mena, Kristjanpoller y Robledo (2021), titulado "Slotting Optimización

Model for a Warehouse with Divisible First-Level Accommodation Locations". En este trabajo se destaca la necesidad de optimizar los procesos internos de un centro de distribución mediante la gestión eficiente de las ubicaciones de almacenamiento, que actúan como eje central de la operación. El estudio aborda específicamente el desafío de las ubicaciones multinivel para productos en pallet (almacenamiento en primer piso), considerando que todas las ubicaciones pueden ser modificadas y optimizadas con el objetivo de reducir las distancias recorridas por los operarios, mejorando así los tiempos de alistamiento de picking y disminuyendo los tiempos de viaje.

El artículo examina diversas estrategias de almacenamiento para evaluar el movimiento asociado a la entrada y salida (picking/despacho) de los pallets. El modelo propuesto desarrolló el problema SPLAP-VH, descomponiéndolo en cuatro subtemas que se abordan a través de un modelado matemático resuelto secuencialmente en un sistema de almacenamiento en alturas y en ubicaciones en el piso.

Los resultados obtenidos de la evaluación de los escenarios propuestos indicaron una reducción del 5% en las distancias recorridas en comparación con el modelo de distribución anterior. Además, se evidenció un mayor aprovechamiento de las ubicaciones de almacenamiento, con un incremento del 10% respecto al modelo previo. Los autores aclaran que la solución propuesta puede ser implementada en otros centros de distribución con características similares, ajustando solo cuatro parámetros clave: rotación de inventarios, capacidad de almacenamiento, configuración de familias de productos y reevaluación de las distancias a recorrer.

Duque, Cuellar y Cogollo (2022), en su trabajo titulado "Slotting y Picking: Una revisión de metodologías y tendencias", realizan una exhaustiva revisión bibliográfica sobre los modelos,

metodologías y enfoques utilizados para optimizar los almacenes mediante el slotting y las aplicaciones en el alistamiento de pedidos (picking) entre los años 2000 y 2018. En su análisis, identifican aplicaciones directas en diversas industrias, tendencias emergentes en mercados en crecimiento y nuevas oportunidades para implementaciones. Como conclusión de la revisión, se destaca que tanto el slotting como el picking son actividades que requieren un análisis continuo, ya que constituyen herramientas clave dentro de los procesos logísticos internos. Se subraya que la ubicación adecuada y eficiente de los SKU permite una recolección más rápida, reduciendo costos de manipulación y optimizando este proceso. Además, los autores mencionan una serie de oportunidades que pueden abordarse desde el punto de vista técnico, señalando que, en la revisión literaria, no se explora cómo el slotting podría mejorar procesos como el reabastecimiento de ubicaciones fijas y la organización en estanterías de rack para cajas. Este enfoque busca generar una sinergia entre todos los procesos dentro de un centro de distribución. También se considera la importancia de desarrollar estrategias específicas para cada industria, tomando en cuenta la volumetría de los SKU al generar ubicaciones, con el fin de maximizar la utilización del espacio y evitar la subutilización o el desperdicio de áreas en el almacén. En conclusión, el método de slotting asegura una utilización óptima de cualquier almacén, independientemente de la industria, al generar eficiencias que disminuyen los tiempos de alistamiento de pedidos en el picking. Como resultado, se logran mejoras significativas en los procesos de despacho y entrega al cliente final, contribuyendo al cumplimiento de los compromisos de servicio.

La propuesta de Caballero y González (2021), titulada “Propuesta metodológica para el diseño del Slotting de mercancía en centros de distribución”, plantea un enfoque estructurado para implementar el slotting en empresas de consumo masivo. El método, dividido en fases y

procedimientos, busca optimizar la distribución de mercancías en almacenes, reducir tiempos de ciclo, mejorar la productividad y aumentar la satisfacción del cliente. Asimismo, advierte que una distribución ineficiente puede incrementar los costos operativos y afectar negativamente la eficiencia del picking.

El artículo propone un enfoque metodológico iniciando con la fase de diagnóstico, que comprende tres sub-fases: análisis del área de estudio, estudio de tiempos y evaluación de métodos de trabajo. Esto permite obtener un panorama completo sobre los tiempos de proceso, la productividad y el equilibrio en las cargas laborales. Posteriormente, en la fase de diseño, se analizan los inventarios de la compañía mediante el método ABC, lo que facilita la asignación óptima de ubicaciones y la estructuración del Slotting en el centro de distribución.

Como resultado, la aplicación del método en el centro de distribución de Grupo Rey permitió un aumento del 15% en la productividad y la gestión eficiente de 1,564 productos dentro del portafolio.

Viera (2014) presenta una exitosa implementación del método slotting en el servicio farmacéutico del Hospital Pablo Tobón Uribe, fundamentada en un análisis ABC que permitió clasificar los materiales según su rotación (alta, media o baja). Esta clasificación facilitó la toma de decisiones sobre la reubicación de productos y la posible inversión en estantería, logrando un incremento del 19 % en la productividad desde la segunda semana de implementación, a pesar de los riesgos iniciales asociados a la curva de aprendizaje. Por su parte, Rosero, Guarnizo, Polanco y Tovar (2020) desarrollaron un modelo matemático de slotting para Grupo Nutresa, centrado en mejorar la ubicación de productos de alta rotación y optimizar los sistemas de información para garantizar la trazabilidad y confiabilidad en las operaciones de almacén. El rediseño permitió una reducción del 5,57 % en los tiempos de alistamiento, lo que se tradujo en mejoras en la

preparación de pedidos y en la percepción del cliente final respecto a la calidad y oportunidad del servicio.

Metodología

Enfoque Metodológico

Esta investigación se llevará a cabo mediante un estudio cuantitativo con una fase inicial de diagnóstico cualitativo. Su objetivo principal es definir una estrategia de ubicación de productos que optimice los procesos de alistamiento de pedidos y rotación, reduciendo los tiempos y aumentando la capacidad de procesamiento en el centro de distribución. Para lograrlo, se implementará una metodología estructurada en etapas, cada una con actividades específicas orientadas al cumplimiento de los objetivos planteados. El método se divide en cuatro grandes etapas:

Etapas 1: Revisión Literario y Delimitación de la Problemática

Esta etapa incluye la recopilación y análisis de la literatura relevante para sustentar teóricamente el proyecto, así como la identificación precisa de los problemas existentes en los procesos de almacenamiento y alistamiento de pedidos. Esta revisión literaria proporcionará una comprensión de mayor profundidad de las metodologías aplicadas en contextos similares, asegurando una aplicación y relevancia al modelo propuesto.

Actividad 1. Revisión de la literatura existente sobre técnica de optimización de almacenamiento.

Actividad 2. Identificación de casos relevantes y best practice de aplicaciones de soluciones en optimización de almacenamiento

Etapas 2: Análisis de Patrones de Alistamiento de Pedidos

En esta etapa, se analizarán los patrones actuales del proceso de alistamiento de pedidos con el fin de identificar oportunidades de mejoras. Este enfoque permite identificar de manera

más eficiente las necesidades específicas del proceso de alistamiento de pedidos y optimización del proceso.

Actividad 3. Recopilación de información mediante entrevistas semiestructuradas con operarios expertos y líderes del proceso logístico.

Actividad 4. Observación directa del proceso de alistamiento de pedidos y diagramación de los procesos actuales.

Actividad 5. Análisis de causa mediante diagramas de espina de pescado, árbol de problemas y diagramas de flujo.

Etapa 3: Diseño de los Componentes del Sistema de Almacenamiento Óptimo de Inventarios

Con la base de los hallazgos identificados en la etapa anterior, se diseña un sistema de almacenamiento optimizado que satisfaga las necesidades específicas de la empresa y mejore los procesos en alistamiento de pedidos, incluyendo temas de productividad, tiempos y recorridos.

Actividad 6. Aplicación del análisis ABC para clasificar los Sku's de acuerdo con la rotación en unidades y cantidad de visitas a la ubicación del producto.

Actividad 7. Implementación de técnicas de Slotting ABC y slotting por correlación de Sku's para reorganizar el Layout de almacenamiento.

Actividad 8. Esquematización del modelo de almacenamiento, diseño del nuevo Layout y flujos de trabajo en función del método propuesto.

Etapa 4: Comprobación de los Resultados

En conclusión, se validarán los resultados mediante la aplicación del sistema propuesto en un área de trabajo definida y se evaluará su efectividad en la optimización de los tiempos de alistamiento y rotación de inventarios. El análisis de los resultados mediante pruebas estadísticas

proporcionara evidencia cuantitativa que permita demostrar la mejora de los tiempos y capacidad operativa.

Actividad 9. Implementación del modelo propuesto en un área de trabajo asignada y en un ambiente controlado.

Actividad 10. Comparación de los tiempos de alistamiento de pedidos antes y después la implementación del nuevo modelo mediante una prueba paramétrica o no paramétrica (depende del comportamiento de los datos)

Actividad 11. Evaluación de las hipótesis planteadas

Hipótesis

La visualización sistemática de opciones viables de distribución de inventarios enfocada en el alistamiento de pedidos de productos farmacéuticos implica la formulación de modelos que permitan el incremento de la eficiencia de los centros de distribución, incidiendo en la disminución de los tiempos de entrega y mejorando el alcance, respuesta y satisfacción al cliente (Duque, Cuellar, & Cogollo, 2020). Con esto de base, para la medición del proyecto aplicado a desarrollar; se deben formular la hipótesis principal en donde se contrasta si los cambios implementados a partir del slotting mejoro los tiempos de alistamiento de pedidos o no.

Hipótesis Principal

H_0 = El modelo de optimización de almacenamiento de productos farmacéuticos no disminuye los tiempos de alistamiento de pedidos

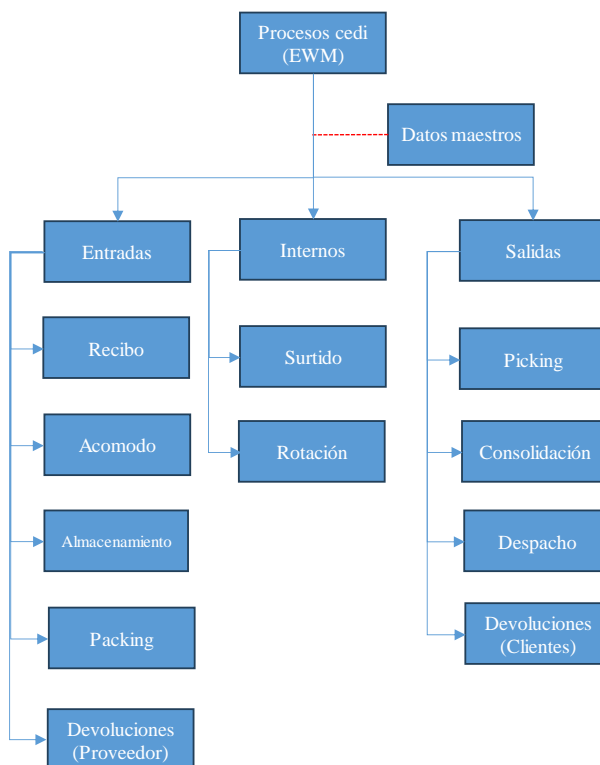
H_i = El modelo de optimización de almacenamiento de productos farmacéuticos disminuye los tiempos de alistamiento de pedidos

Desarrollo, Análisis y Resultados

Caracterización del Proceso

La empresa objeto de estudio es una organización dedicada a la gestión de la cadena de abastecimiento para sus más de 7.000 droguerías asociadas en el territorio colombiano; para este proyecto aplicado se enfoca en el análisis del centro de distribución de Bucaramanga, en donde se atienden a más de 700 droguerías ofreciendo un portafolio de aproximadamente 12.110 Sku´s que garantizan el cubrimiento de las necesidades de suministro en cantidad, disponibilidad, tiempo y costo.

Para soportar el continuo tráfico de materiales (Recibo, almacenamiento, alistamiento y despacho) la empresa cuenta con un centro de distribución con más de 19.000 m², gestionado totalmente por el más avanzado sistema de administración de almacenes EWM /SAP-Plus que garantiza la transparencia y trazabilidad de todas las operaciones interna de los almacenes. Los procesos del centro de distribución están divididos en 4 grandes procesos logísticos; proceso de entradas, procesos internos, datos maestros y procesos de salidas. Crespo (2018) indica que la gestión extendida de almacenes genera 4 procesos relacionados entre sí los cuales son necesarios donde el proceso de entradas se encarga de la gestión física del recibo de mercancía y su acomodo en los almacenes (Racks) para la disposición del cliente y visualización de los inventarios para el reaprovisionamiento el cual se encarga el proceso de internos o su Packing el cual es del proceso de salidas. Esto se complementa con la gestión de los datos maestros los cuales se encargan de los parámetros de todos los almacenes vinculados.

Figura 2*Desglose de los Procesos Logísticos*

Nota. Descripción de los procesos logísticos del CD de la empresa objeto de estudio, elaboración propia.

La empresa tiene distribuido sus almacenes de acuerdo con la categorización interna de sus productos y de procesos como está relacionado en la *tabla 1*. Esta organización permite generar un mayor control y trazabilidad de las operaciones, stock, recursos y elementos de manejo de materiales (Crespo, 2018). Para este proyecto aplicado el almacén que se requiere analizar es el 0050 (almacén de ubicaciones fijas) en donde se encuentra almacenado el 15,8% de todas las unidades disponibles en el inventario y el 62,6% del total de las referencias disponibles en el cedi *ver tabla 2*.

Tabla 2*Categorización de los Almacenes EWM/SAP*

Almacén	Descripción
0010	Almacén de Productos controlados
0011	Almacén de Productos Refrigerados
0020	Almacén de Rack de Cajas
0025	Almacén de Convenios
0030	Almacén de piso
0050	Almacén de ubicaciones fijas

Nota. Distribución EWM de los almacenes de acuerdo con su categorización de los productos y procesos de la empresa objeto de estudio, elaboración propia.

Tabla 3*Tipos de Almacén y Distribución de Inventario*

Almacenes	Unidades	% Part Unds	Sku's	% Part Sku's
0010	397	0,0%	15	0,1%
0011	627	0,0%	17	0,1%
0020	2.691.997	82,6%	6.329	36,8%
0025	10	0,0%	11	0,1%
0030	51543	1,6%	49	0,3%
0050	514.407	15,8%	10.768	62,6%
Total, general	3.258.981	100,0%	17.189	100,0%

Nota. Se detalla la conformación de los almacenes según la organización EWM y la cantidad de unidades y Sku's disponibles por almacén, elaboración propia.

Los procesos de picking (alistamiento de pedidos manual) se realiza en el almacén 0050 y está distribuido de acuerdo con la conformación de las áreas de actividad que son las ubicaciones donde se encuentran almacenados los productos disponibles para la venta *ver tabla 4*.

Tabla 4

Áreas de Actividad del Almacén 0050

Áreas de actividad	Descripción
0050	Área de actividad para medicamentos
0051	Área de actividad para droga blanca
0052	Área de actividad para Cosméticos
0053	Área de actividad para Contaminantes
0054	Área de actividad para populares

Nota. Distribución de las áreas de actividad donde se ejecutan las labores de alistamiento de pedidos – “picking”, elaboración propia.

Para que el proceso de alistamiento de pedidos (picking) se lleve a cabo dentro del concepto de gestión de almacenes, es fundamental la existencia de una orden de almacén. Este documento en SAP especifica la carga de trabajo asignada a un operario y agrupa diversas tareas de almacén, que a su vez son subdocumentos con la información detallada de los productos que deben ser alistados. (Crespo, 2018).

La atención de las ordenes de almacén se realizan a través de unos dispositivos llamados Talkman (Vocollect versión A720) los cuales permiten a través de su integración con el sistema extendido de almacenes EWM (*ver figura 3*) ejecutar el trabajo relacionado en el paquete de trabajo (tareas de almacén).

El insumo principal para el movimiento de los materiales se toma a partir del pedido que general el cliente y que sincroniza en los sistemas de atención SIP (Sistema integrado de pedidos) en donde se crean todas las solicitudes, generando un documento denominado pedido cliente el cual es empleado por el ERP para gestionar la trazabilidad de la información (solicitudes de almacén, facturación, contabilización, recaudo de cartera, devoluciones, notas crédito, etc.)

Figura 3

Dispositivo Talkman de Vocollect



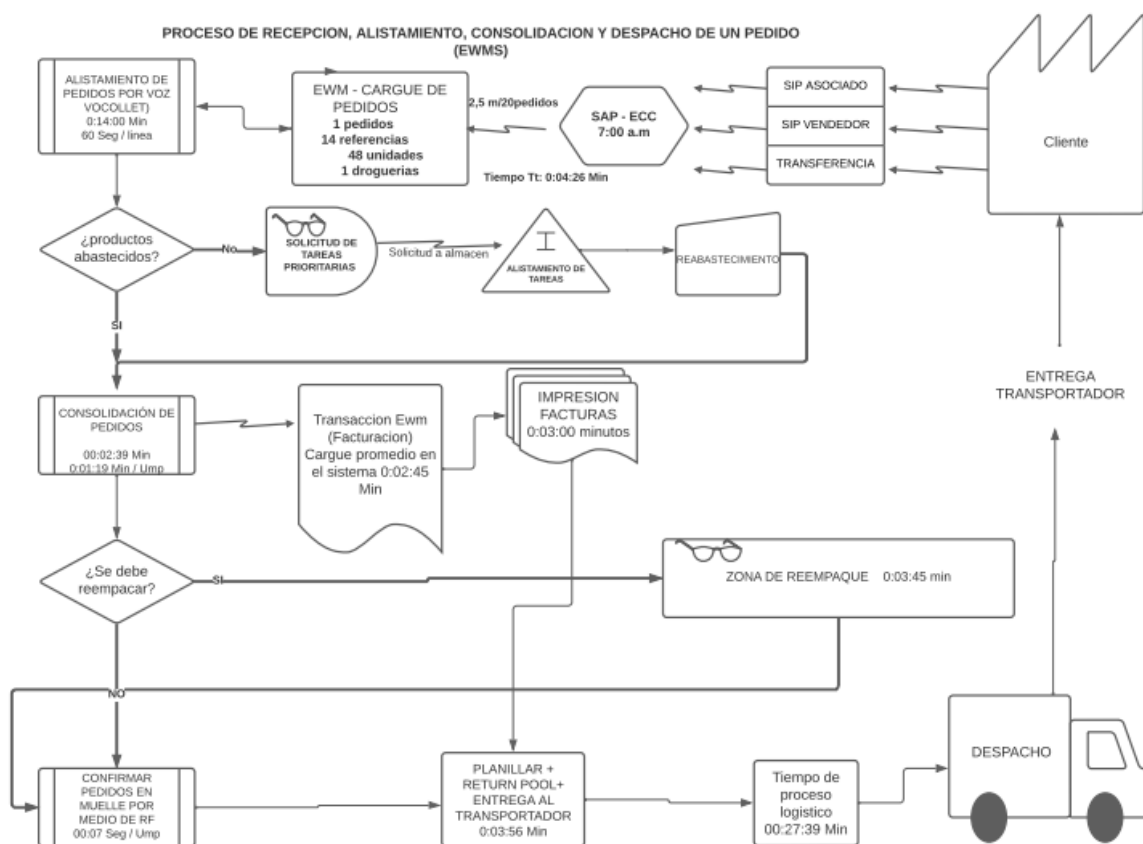
Nota. Dispositivo Talkman que permite la atención de las ordenes de almacén con su integración a EWM. Tomado de rfbs.com (s.f)

Los procesos relacionados con la atención de las necesidades de los clientes, esta detallada en el mapa de flujo de procesos que está relacionado en la *figura 4*, iniciando desde la creación del pedido por parte del cliente el cual cuenta con varios canales que le permiten la toma de la solicitud transformando este en un documento virtual el cual es direccionado a los sistemas ERP/SAP/HANA y de la misma forma es transmitido a los sistemas de gestión de almacenes SAP/EWM/PLUS donde es procesada esta solicitud por el centro de distribución añadiendo valor a la cadena de suministro del cliente al entregar una combinación de productos

éticos y populares que satisfacen las necesidades , cumpliendo con las expectativas del cliente final.

Figura 4

Mapa de Procesos para Alistamiento de Pedidos



Nota. Mapa de procesos donde se detalla el flujo del proceso desde la creación del pedido hasta el despacho y entrega al cliente final, elaboración propia.

El centro de distribución a diciembre del 2024 cuenta en el almacén 0050 con 12.110 ubicaciones distribuidas entre las 5 áreas de actividad; área de actividad 0050 de medicamentos tiene 4.881 ubicaciones con productos (40,31%), área de actividad 0051 de droga blanca tiene 254 ubicaciones con productos (2,1%), área de actividad 0052 de cosméticos tiene 4.136

ubicaciones con productos (34,15%), área de actividad 0053 de contaminantes tiene 163 ubicaciones con productos (1,35%) y área de actividad 0054 de populares tiene 2,676 ubicaciones con productos (22,1%). Como se detalla en la *tabla 4*, las áreas de actividad que mayor carga en unidades y referencias con las 0050 y 0054

Tabla 5

Distribución de Inventario y SKU's

Área de actividad	Unds	% Part Unds	Referencias	% Part Ref.
0050	195.176	40,6%	4.881	40,3%
0051	8.560	1,8%	254	2,1%
0052	86.008	17,9%	4.136	34,2%
0053	11.605	2,4%	163	1,3%
0054	179.403	37,3%	2.676	22,1%
Total, general	480.752	100,0%	12.110	100,0%

Nota. Distribución de las unidades de inventario y referencias en las áreas de actividad del almacén 0050, elaboración propia

Las referencias de inventario o Sku's del almacén 0050 de unidades sueltas están almacenadas en contenedores plásticos *ver figura 5*, donde se copilan el 15.8% de las unidades de inventario y el 62.6% de los Sku's en existencia de todo el centro de distribución.

Figura 5*Ubicaciones Fijas del Almacén 0050*

Nota. Contenedores plásticos donde están los productos almacenados en el almacén de ubicaciones fijas. Tomado de (Portafolio, 2023).

Diagnóstico Inicial

De acuerdo con la finalidad del proyecto, se requiere elaborar una encuesta sobre la percepción del proceso de alistamiento de pedidos y la manera de determinar las necesidades puntuales para mejorarlo en termino de tiempos, productividad y eficiencia.

Se procedió a la construcción de la encuesta direccionada a lideres expertos en la logística de la empresa y sus regionales (Barranquilla, bello, Palmira, Pereira y Bucaramanga), cuyo resultado sirve como insumo para el enfoque de la investigación y puntualizar las necesidades urgentes del proceso de alistamiento de pedidos y a su vez sirve para proponer la mejor herramienta que satisfaga las necesidades de mejora continua evidenciadas en la aplicación de la encuesta.

Las condiciones para aplicación de la encuesta deben ser personal de operaciones y está en el rol de: Gerente de logística, director cedi, Profesional cedi, Inspector operativo, Operador de Picking, adicional que tenga un nivel educativo mayor a o igual a técnico profesional. Esto

reduce la población muestral a 110 personas que calificarían para la aplicación del instrumento y la población efectiva encuesta se comprime a 86 funcionarios.

Tabla 6

Ficha Técnica de la Encuesta

Nombre de la encuesta	Encuesta a Líderes Expertos de Proceso: Optimización de Almacenamiento y Alistamiento de Pedidos
Objetivo de la encuesta	Recolectar información esencial para identificar las necesidades urgentes del proceso de alistamiento de pedidos.
Realizada por	Vidal Eduardo Mosquera Manuel Enrique Rojas Correa Nelson Javier Pérez
Tipo de muestreo	Muestreo voluntario no probabilístico
Formula aplicada para el cálculo muestral	$n = \frac{z^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + z^2 * p * q}$
Técnica aplicada para la recolección de datos	Se creo la encuesta virtual a partir del correo personal manuelenriquerojascorrea@gmail.com, en donde se envió el enlace para que se realizara de forma voluntaria, con el fin de recolectar la información necesaria para el diagnóstico inicial.
Fecha de aplicación	20 de enero del 2025
N° de preguntas	20
Universo	Director cedi = 8 Gerente de logística = 17 Inspector operativo = 22 Operador de Picking = 32 Profesional cedi = 26
Tipo de preguntas	20 preguntas de opción múltiple

Nota. Ficha técnica de la aplicación del instrumento estadístico de medición tipo encuesta no probabilística voluntaria, elaboración propia

Para la aplicación de la encuesta de “*necesidades urgentes del proceso de alistamiento de pedidos*” se realizó la siguiente formulación de población finita donde se requiere hallar el valor muestral, a continuación, se detalla el cálculo generado y la segregación para llegar a la población objetivo:

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + z^2 * p * q}$$

Donde

n = muestra

N = población = 110

p = probabilidad a favor = 0.5

q = probabilidad a en contra = 0.5

z = nivel de confianza al 95% = 1.96

e = error de muestreo = 0.05

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 110}{0.05^2 * (110 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

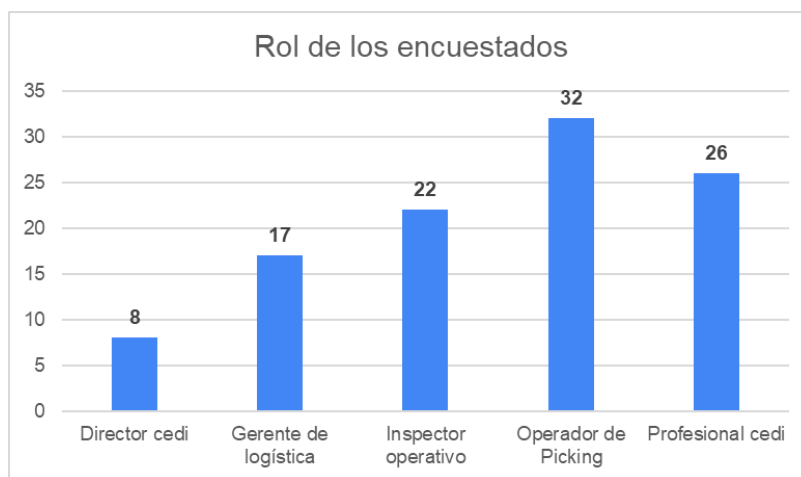
$$n = 86$$

El resultado arrojado por el cálculo matemático género que se necesitan 86 personas de las 110 para la aplicación de la encuesta; para lograr la cantidad de respuestas suficientes y generar la confiabilidad deseada en la aplicación del instrumento, se compartió por medio de un enlace en Google forms (https://docs.google.com/forms/d/10tBU0Z-EGETH7lSoQKXQRdMAI_Xe1ljX_4VDCplONSo/preview) a 110 personas pertenecientes a la empresa objeto de estudio con las características anteriormente descritas, a las cuales se les aplico una batería de 20 preguntas con respuestas múltiples.

Como resultado del muestreo no probabilístico voluntario, se obtuvo 105 diligenciamientos completos del formulario por funcionarios de la población objetivo, generado una tasa del 100% de la confiabilidad de la información y dentro de las personas encuestadas su rol en la organización esta distribuida de la siguiente forma:

Figura 6

Rol de la Población Encuestada



Nota. Distribución de los roles o encargos de los colaboradores encuestados, elaboración propia.

Para ahondar en la batería de preguntas ejecutadas en el instrumento de medición y las respuestas obtenidas tras su aplicación, se adjunta en el apéndice B donde se podrá validar dicha información.

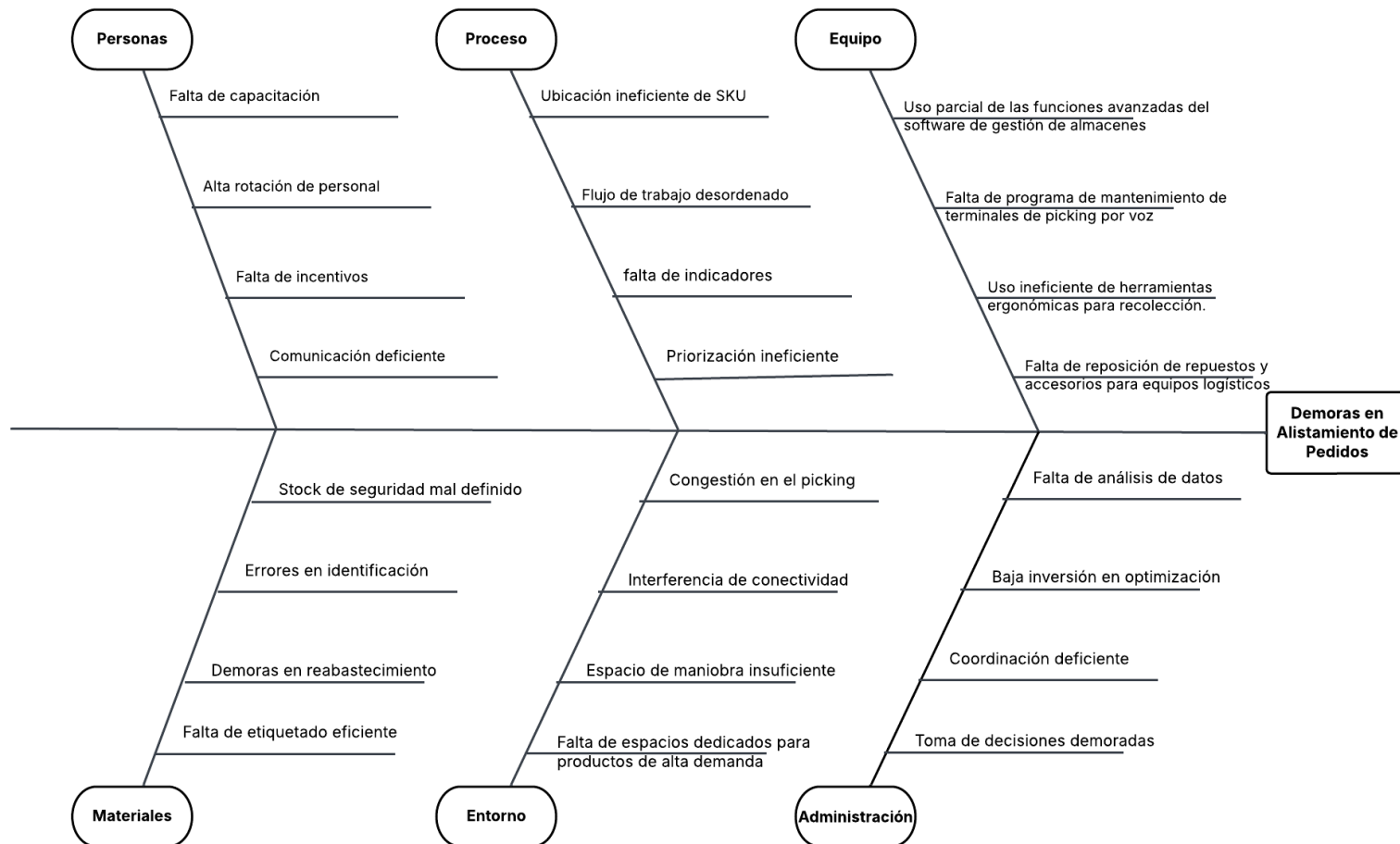
Posterior a la sinterización de las y determinación de las necesidades urgentes del proceso de alistamiento de pedidos; se realiza la creación del diagrama de espina de pescado o Ishikawa con el fin de identificar las causas raíz que según la encuesta realizada es la mayor causal de ineficiencias y son las demoras alistando pedidos por la tendencia de presentar recorridos largos para terminar la orden.

Diagrama de Espina de Pescado

De acuerdo con los resultados de la encuesta aplicada a los colaboradores de la empresa en investigación, en la pregunta 3; se puede evidenciar que el 43,8% de los encuestados concuerda que los desplazamientos prolongados son la causa principal que genera los demás factores asociados (Errores en alistamiento de pedidos, alta carga laboral y horas extras), es por esto que el análisis principal se realiza sobre cómo mejorar el procesos de alistamiento de pedidos en términos de reducción de tiempos. Para esto se utiliza la herramienta del diagrama de espina de pescado y su desglose argumentativo visto en la figura

Figura 7

Diagrama de Espina de Pescado



Nota. Diagrama espina de pescado, elaboración propia.

Tabla 7*Desglose Argumentativo del Diagrama Espina de Pescado*

Problema (efecto)	Causa (Factores)	Sub-causas (Sub-factores asociados)	Detalle
Demora en el alistamiento de pedidos	Personas	Capacitación deficiente	Falta de entrenamiento en el uso del sistema WMS y herramientas tecnológicas. Desconocimiento de técnicas de optimización en picking y slotting. Poca formación en ergonomía y seguridad laboral.
		Alta rotación de personal	Carga excesiva de trabajo en eventos comerciales Falta de planes de carrera y oportunidades de crecimiento interno. Mala experiencia en el proceso de inducción y adaptación al trabajo
		Falta de incentivos	Ausencia de un programa de reconocimiento a operadores destacados. Falta de bonificaciones por cumplimiento de objetivos logísticos. Escasa motivación a través de planos de bienestar y beneficios. Falta de un sistema de retroalimentación continua sobre el desempeño del trabajador.
		Comunicación deficiente	Falta de canales de comunicación efectivos entre operarios y supervisores. Instrucciones confusas o contradictorias en la ejecución de tareas.

Problema (efecto)	Causa (Factores)	Sub-causas (Sub-factores asociados)	Detalle
			<p>Falta de reuniones periódicas para estrategias y objetivos lineales.</p> <p>Deficiencia en la transmisión de cambios operativos o ajustes en rutas.</p> <p>Falta de tableros informativos o herramientas digitales de comunicación interna.</p>
		Contratación de personal sin experiencia	<p>Contratación de trabajadores sin formación previa en logística.</p> <p>Falta de pruebas de aptitud para seleccionar personal adecuado.</p> <p>Curva de aprendizaje prolongada debido a falta de acompañamiento inicial.</p> <p>Dependencia excesiva de personal nuevo en temporadas de alta demanda (temporales).</p> <p>Desconocimiento de estándares de calidad en el alistamiento de pedidos.</p>
		Sobrecarga de trabajo	<p>Cantidad excesiva de pedidos asignados a cada operario.</p> <p>Falta de redistribución de tareas en momentos de alta demanda.</p> <p>Jornadas laborales prolongadas sin pausas suficientes.</p> <p>Deficiente planificación de turnos, generando desequilibrios en la carga laboral.</p> <p>Alta presión para cumplir tiempos de alistamiento sin los recursos adecuados.</p> <p>Falta de cultura organizacional enfocada en la mejora continua</p>

Problema (efecto)	Causa (Factores)	Sub-causas (Sub-factores asociados)	Detalle
Demora en el alistamiento de pedidos	Proceso	Falta de integración del personal en procesos de optimización.	<p>Desmotivación por falta de participación en la toma de decisiones.</p> <p>Falta de un ambiente laboral colaborativo entre operarios y supervisores.</p> <p>Poca valorización del conocimiento y experiencia de los trabajadores de planta.</p> <p>Ausencia de espacios para proponer mejoras en los procesos logísticos.</p>
		Ubicación ineficiente de SKU	<p>Distribución de productos sin considerar su rotación (alta, media, baja).</p> <p>Distancias largas entre productos solicitados frecuentemente.</p> <p>Falta de lógica en la asignación de SKU de mayor demanda en posiciones estratégicas.</p> <p>Productos voluminosos mal ubicados, dificultando la manipulación.</p> <p>Ubicaciones no optimizadas para reducir movimientos innecesarios.</p>
		Flujo de trabajo desordenado	<p>Falta de estandarización en los procedimientos de alistamiento.</p> <p>Cruces de operarios en zonas de alto tráfico, generando congestión.</p> <p>Rutas de alistamiento poco eficientes, con recorridos innecesariamente largos.</p> <p>Mal uso de las estaciones de consolidación y verificación de pedidos.</p> <p>Falta de delimitación clara de zonas de alistamiento y despacho.</p>

Problema (efecto)	Causa (Factores)	Sub-causas (Sub-factores asociados)	Detalle
		Falta de indicadores de desempeño	Falta de informes de eficiencia en la asignación y ejecución de tareas. No se monitorea la precisión de inventario en tiempo real. Falta de paneles operativos con información clave para la toma de decisiones.
		Priorización ineficiente de pedidos	Pedidos de clientes estratégicos no diferenciados en el flujo de trabajo. No hay criterios claros para asignación de recursos en momentos de alta demanda. Falta de sincronización entre el área de ventas y el equipo logístico.
		Reaprovisionamiento demorado	Tiempos excesivos en el traslado de productos desde almacén a reaprovisionamiento. Falta de coordinación en la reposición de productos agotados. Reposición manual sin priorización de SKU de alta demanda. Insuficiencia de personal dedicado al reaprovisionamiento en horas pico.
		Productos sin ubicar o en ubicaciones incorrectas	El inventario físico no coincide con los registros del sistema. Falta de revisión de ubicaciones antes de iniciar el picking. Errores en la asignación de códigos de verificación de productos similares. Falta de una estrategia clara de asignación de ubicaciones secundarias.

Problema (efecto)	Causa (Factores)	Sub-causas (Sub-factores asociados)	Detalle
Demora en el alistamiento de pedidos	Equipo	Reprocesos y demoras en confirmaciones	<p>Errores en la validación de pedidos antes del despacho.</p> <p>Falta de un procedimiento ágil para la confirmación de pedidos en muelle.</p> <p>Pedidos rechazados por diferencias entre lo solicitado y lo entregado.</p>
		Errores en la consolidación de pedidos	<p>Falta de control en la mezcla de productos en una misma cubeta.</p> <p>No se verifica que todos los artículos de un pedido estén correctamente agrupados.</p> <p>Uso de espacios no adecuados para la verificación final antes del despacho.</p> <p>No hay procesos de control de calidad eficiente previos a la entrega de pedidos.</p>
		Ineficiencia en la validación y despacho final	<p>Falta de escaneo automatizado para verificar la exactitud de los pedidos.</p> <p>No hay protocolos de doble validación en despachos críticos.</p>
Subutilización del potencial del sistema WMS	<p>Uso parcial de las funciones avanzadas del software de gestión de almacenes.</p> <p>No aprovechamiento de herramientas de optimización de rutas y picking.</p> <p>Falta de integración del sistema con otras plataformas logísticas (TMS).</p> <p>Configuración inadecuada de alertas y notificaciones del sistema.</p>		
Falta de inspecciones	<p>Demoras en la asignación de montacargas debido a fallos mecánicos.</p>		

Problema (efecto)	Causa (Factores)	Sub-causas (Sub-factores asociados)	Detalle
		regulares en montacargas y transpaletas.	Insuficiencia de equipos montacargas disponibles en picos de demanda.
		Falta de programa de mantenimiento de terminales de picking por voz	Desgaste de dispositivos Vocollect sin reemplazo o actualización. Problemas de calibración de micrófonos y auriculares. Errores en el reconocimiento de voz debido a falta de ajustes.
		Demoras por caídas de señal o saturación de procesos simultáneos	Baja velocidad en la transmisión de datos al sistema central. Largos tiempos de respuesta en la captura de información.
		Deficiencias en el control de inventarios automatizado.	Falta de capacitación en el uso óptimo de los dispositivos RF. Falta de automatización en procesos de conteo cíclico y auditorías.
		Uso ineficiente de herramientas ergonómicas para recolección.	Carencia de carros de picking con diseño optimizado. Exceso de carga manual debido a falta de asistencia mecánica.
		Falta de reposición de	Implementación deficiente de estaciones de trabajo ergonómicas. Insuficiencia de baterías de respaldo para dispositivos móviles.

Problema (efecto)	Causa (Factores)	Sub-causas (Sub-factores asociados)	Detalle
Demora en el alistamiento de pedidos	Materiales	Stock de seguridad mal definido	<p>Falta de piezas de recambio para montacargas y transpaletas.</p> <p>Retrasos en la reparación de equipos debido a falta de repuestos.</p> <p>Uso prolongado de equipos defectuosos por ausencia de alternativas.</p>
		Errores en identificación de productos	<p>Niveles de stock no ajustados a la demanda real del mercado (máximos y mínimos).</p> <p>Falta de análisis de consumo histórico para definir cantidades óptimas.</p> <p>No se actualizan los parámetros de reabastecimiento según la estacionalidad.</p> <p>Desabastecimiento frecuente de productos de alta rotación.</p> <p>Exceso de inventario en productos de baja demanda, ocupando espacio innecesario.</p> <p>Falta de control en la mezcla de productos en una misma cubeta.</p> <p>No se verifica que todos los artículos de un pedido estén correctamente agrupados.</p> <p>Uso de espacios no adecuados para la verificación final antes del despacho.</p> <p>No hay procesos de control de calidad eficiente previos a la entrega de pedidos.</p>
		Ineficiencia en la validación y despacho final	<p>Falta de escaneo automatizado para verificar la exactitud de los pedidos.</p> <p>No hay protocolos de doble validación en despachos críticos.</p>

Problema (efecto)	Causa (Factores)	Sub-causas (Sub-factores asociados)	Detalle
Demora en el alistamiento de pedidos	Equipo	<p data-bbox="581 359 769 554">Subutilización del potencial del sistema WMS</p> <p data-bbox="581 688 769 940">Falta de inspecciones regulares en montacargas y transpaletas.</p> <p data-bbox="581 961 769 1268">Falta de programa de mantenimiento de terminales de picking por voz</p> <p data-bbox="581 1289 769 1541">Demoras por caídas de señal o saturación de procesos simultáneos</p> <p data-bbox="581 1625 769 1814">Deficiencias en el control de inventarios automatizado.</p>	<p data-bbox="813 359 1406 443">Uso parcial de las funciones avanzadas del software de gestión de almacenes.</p> <p data-bbox="813 464 1406 667">No aprovechamiento de herramientas de optimización de rutas y picking. Falta de integración del sistema con otras plataformas logísticas (TMS).</p> <p data-bbox="813 688 1406 772">Demoras en la asignación de montacargas debido a fallos mecánicos.</p> <p data-bbox="813 793 1406 884">Insuficiencia de equipos montacargas disponibles en picos de demanda.</p> <p data-bbox="813 961 1406 1052">Desgaste de dispositivos Vocollect sin reemplazo o actualización.</p> <p data-bbox="813 1073 1406 1157">Problemas de calibración de micrófonos y auriculares.</p> <p data-bbox="813 1178 1406 1268">Errores en el reconocimiento de voz debido a falta de ajustes.</p> <p data-bbox="813 1289 1406 1373">Baja velocidad en la transmisión de datos al sistema central.</p> <p data-bbox="813 1394 1406 1484">Largos tiempos de respuesta en la captura de información.</p> <p data-bbox="813 1505 1406 1596">Falta de capacitación en el uso óptimo de los dispositivos RF.</p> <p data-bbox="813 1617 1406 1709">Falta de automatización en procesos de conteo cíclico y auditorías.</p>

Problema (efecto)	Causa (Factores)	Sub-causas (Sub-factores asociados)	Detalle
Demora en el alistamiento de pedidos	Materiales	Uso ineficiente de herramientas ergonómicas para recolección.	Carencia de carros de picking con diseño optimizado.
		Falta de reposición de repuestos y accesorios para equipos logísticos	Exceso de carga manual debido a falta de asistencia mecánica. Implementación deficiente de estaciones de trabajo ergonómicas. Insuficiencia de baterías de respaldo para dispositivos móviles. Falta de piezas de recambio para montacargas y transpaletas. Retrasos en la reparación de equipos debido a falta de repuestos. Uso prolongado de equipos defectuosos por ausencia de alternativas.
		Stock de seguridad mal definido	Niveles de stock no ajustados a la demanda real del mercado (máximos y mínimos). Falta de análisis de consumo histórico para definir cantidades óptimas. No se actualizan los parámetros de reabastecimiento según la estacionalidad. Desabastecimiento frecuente de productos de alta rotación.
		Errores en identificación de productos	Exceso de inventario en productos de baja demanda, ocupando espacio innecesario. Confusión entre SKU similares debido a descripciones poco claras. Productos almacenados en ubicaciones incorrectas sin corrección inmediata.

Problema (efecto)	Causa (Factores)	Sub-causas (Sub-factores asociados)	Detalle
Demora en el alistamiento de pedidos	Entorno	Falta de etiquetado eficiente	Ausencia de etiquetas claras con información clave (lote, caducidad, categoría). Falta de etiquetado por color o codificación visual para categorías específicas.
		Manejo ineficiente de fechas de caducidad	Falta de aplicación del método FIFO (First In, First Out) en la rotación de inventarios. Desperdicio de productos debido a vencimiento por mala gestión de fechas. Productos próximos a vencer mezclados con stock recién ingresado. No se priorizan productos con fecha de vencimiento corta en el picking. Errores en la segregación de productos vencidos o en mal estado.
		Ineficiencia en el reabastecimient o de recolección	Reposición tardía de productos en ubicaciones de alta demanda. No se priorizan los SKU más solicitados en la reposición. Uso ineficiente del espacio disponible en la estantería.
Congestión en el área de alistamiento Espacio de maniobra insuficiente	Exceso de operadores en zonas reducidas. Cruce de rutas entre operarios. Falta de delimitación de áreas de tránsito. Áreas de alistamiento demasiado estrechas para la manipulación eficiente. Imposibilidad de realizar movimientos rápidos sin interrupciones.		

Problema (efecto)	Causa (Factores)	Sub-causas (Sub-factores asociados)	Detalle
			Espacios ocupados por productos no organizados correctamente.
		Deficiente organización de estanterías.	Alturas de estantes no optimizadas según la rotación de productos. Falta de espacios dedicados para productos de alta demanda. Distancias mal calculadas entre estantes que generan recorridos largos. Ubicaciones de SKU sin criterio de accesibilidad.
		Accesos y circulación ineficientes	Falta de señalización para orientar a los operadores. Rutas de tránsito bloqueadas por mercancías mal almacenadas. Pasillos congestionados por exceso de materiales o equipos inactivos.
		Interferencia en la conectividad de dispositivos electrónicos	Problemas en la señal de RF dentro del almacén. Zonas de baja cobertura que afectan el uso de dispositivos móviles. Demoras en la sincronización de datos en el sistema WMS.
Demora en el alistamiento de pedidos	Administración	Falta de coordinación entre áreas de compras, almacenamientos	Procesos de monitoreo desconectados de la planificación de inventarios. Deficiencias en la programación de reabastecimiento, afectando tiempos de recolección.

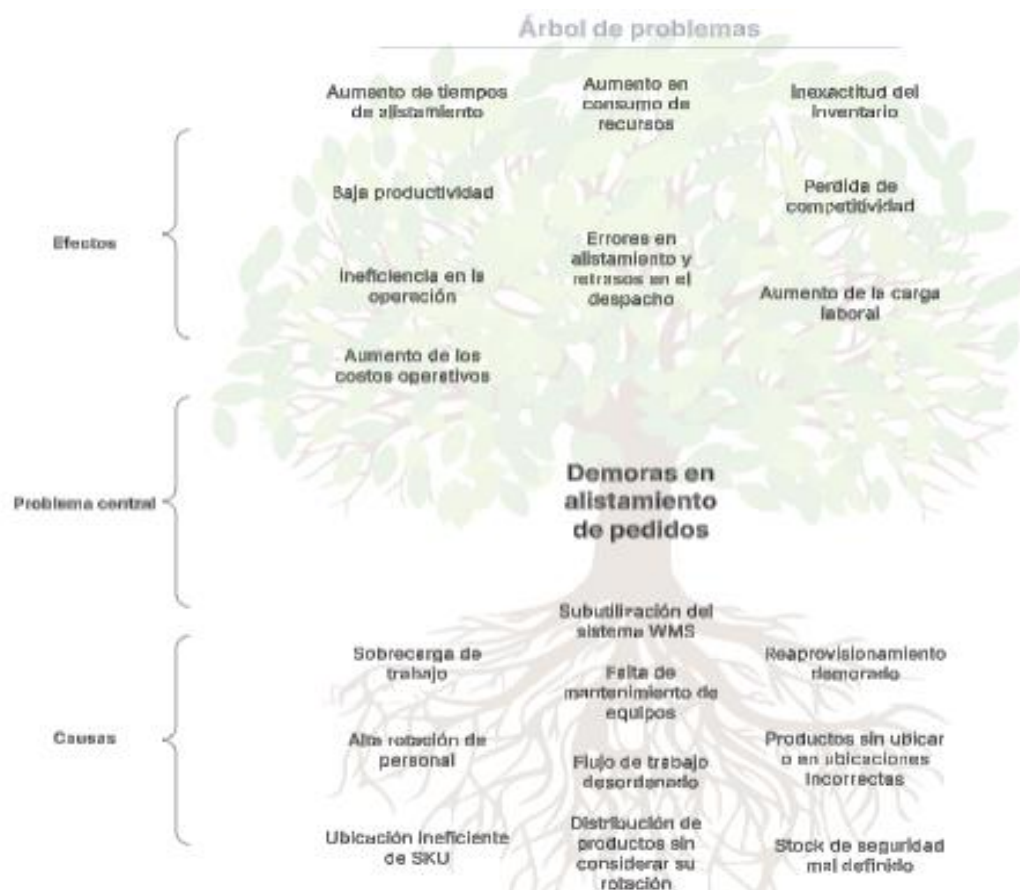
Problema (efecto)	Causa (Factores)	Sub-causas (Sub-factores asociados)	Detalle
		o y distribución.	Poca comunicación entre logística y ventas, lo que impacta en la priorización de pedidos. Los cortes de ventas en ocasiones no se tienen en cuenta
		Estrategias de optimización no alineadas con la demanda real	No se actualizan modelos de almacenamiento según patrones de compra de clientes. Falta de análisis de datos históricos para prever picos de demanda. Se aplican criterios de asignación de SKU sin considerar la rotación real de productos. Falta de flexibilidad en la distribución del almacén ante cambios en el mercado. Se priorizan estrategias genéricas sin personalización según la dinámica de la empresa.
		Demoras en la toma de decisiones ante cambios en la operación	Falta de protocolos claros para responder a imprevistos en el flujo de pedidos. Largos tiempos de aprobación para ajustes en el diseño o reubicaciones de SKU. Falta de liderazgo y toma de decisiones basadas en datos en tiempo real. Dependencia excesiva de autorizaciones burocráticas para optimizar procesos. No se realizan simulaciones o pruebas piloto antes de implementar mejoras. Falta de monitoreo y control de indicadores clave de desempeño (KPI)

Problema (efecto)	Causa (Factores)	Sub-causas (Sub-factores asociados)	Detalle
			Falta de programas de retención de talento en logística.
		Falta de planes de contingencia y gestión de riesgos	No se cuenta con estrategias para responder a demoras en la cadena de suministro. Falta de planes de contingencia ante fallas en sistemas de gestión. No existen alternativas rápidas para atender problemas de abastecimiento crítico. Falta de auditorías y revisiones periódicas de procesos logísticos.

Nota. Desglose argumentativo del diagrama de espina de pescado, elaboración propia

Árbol de Problemas

Producto del diagnóstico generado a partir de la espina de pescado y en conjunto con la captación de información a través de la encuesta realizada a los 105 colaboradores que hacen parte de la organización como: gerente de logística, director cedi, Profesional cedi, Inspector operativo, Operador de Picking; se pudo identificar las necesidades urgentes está en los tiempos prolongados para terminar un pedido y la dificultad de realizar amplios desplazamientos generando pérdida de productividad y disminución de la capacidad instalada del centro de distribución. A continuación, se detalla el contexto y la problemática que se derivadas a partir de las causas identificada.

Figura 8*Árbol de Problemas*

Nota. Árbol de problemas, elaboración propia

Propuesta de Mejora

De acuerdo con las necesidades identificadas en el diagrama de espina de pescado y el desarrollo de la problemática evidenciada en el árbol de problemas, se puede identificar la necesidad de una intervención urgente en el proceso de alistamiento de pedidos, el almacén 0050 donde se acumulan las unidades sueltas (picking), identificándose que uno de los mayores desperdicios está en los desplazamientos prolongados de ubicación a ubicación para completar

un pedido. A continuación, se detalla la intervención planteada al proceso de alistamiento de pedidos y su contexto.

Identificación y Análisis del Proceso Actual

El alistamiento de pedidos está determinado por la cantidad de ordenes de almacén que son generadas dependiente de la cantidad de pedidos que los clientes liberen para su procesamiento y despacho. La empresa para este proceso cuenta en promedio con 30 recursos (operadores logísticos) distribuidos en tres turnos de 8,5 horas y semanal de 45,5 horas (0,5 horas la compensa esta empresa por temas de bienestar); para el análisis se tomó la información generada del 1 de julio del 2023 a corte de 31 de diciembre del 2023 generando una masa de datos de 1,62 Gb y para poder implementar un modelo de datos eficiente de acuerdo con la carga de datos se hace necesario la utilización del software Power BI con sus módulos de Power Query, dado a que Excel como herramienta de manejo de grandes volúmenes no es recomendable.

Durante el periodo de tiempo de estudio (diagnostico), se alistaron en los almacenes 0010 (controlados), 0011 (refrigerados) y 0050 (alistamiento de unidades sueltas) 134.305 pedidos que suman 2.591.062 productos totales despachados o 13.151 Sku's distintos, con 9.486.217 unidades que se separaron en 445.393 cubetas (contenedores) *ver tabla 6*.

Tabla 8

Producción de Unds, Pedidos, Líneas y Cubetas Generadas

Mes	Unidades_	Pedidos	Líneas	Cubetas
7	1.751.533	25.004	448.643	81.880
8	1.464.100	21.634	406.908	70.363

Mes	Unidades_	Pedidos	Líneas	Cubetas
9	1.491.141	21.456	433.062	72.152
10	1.519.530	21.666	428.979	72.913
11	1.688.178	24.184	449.795	78.781
12	1.571.735	20.361	423.675	69.309
Total	9.486.217	134.305	2.591.062	445.398

Nota. Cantidad de unidades, pedidos, líneas (SKU's) y cubetas generadas en el periodo de estudio (01.07.2023 – 31.12.2023). Tomado del software Microsoft Power Bi.

Estas unidades, productos y ordenes fueron atendida en las áreas de actividad concernientes al almacén 0010, 0011 y 0050, siendo el almacén 0050 donde en promedio se realizan el 99,78% de todas las actividades, como se puede apreciar en la *tabla 9*.

Tabla 9

% Part Unidades, Pedidos, Líneas y Cubetas Alistadas por Almacenes

Almacenes	Unidades_	Pedidos	Líneas	Cubetas
0010	0,02%	0,05%	0,01%	0,04%
0011	0,03%	0,36%	0,06%	0,31%
0050	99,95%	99,59%	99,93%	99,65%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Nota. % participación de los almacenes con respecto a la operación total del centro de distribución. Tomado del software Microsoft Power Bi.

Es por ende que el centro del estudio de la gestión de mejora esta direccionado en el almacén 0050, en surtido de mercancías. En las áreas de actividad se atienden las ordenes de almacén dependiendo de la cola de trabajo que el sistema le asigna al operador y dependiendo de la prioridad en la regla de picking y con la información recolectada se puede evidenciar que las áreas donde mayor tráfico se genera es la AA 0054; con el 47.3% de las unidades, 33.2% de los pedidos, 45.1% de las líneas y 37.4% de las cubetas alistadas; seguido por el AA 0050; con el 33% de las unidades, 31.1% de los pedidos generados, 30% de las líneas y 29.2% de las cubetas generadas y demás áreas de actividad que se puede validar en la *tabla 10*.

Tabla 10

% Part Unidades, Pedidos, Líneas y Cubetas Alistadas por Áreas de Actividad

Área activordalm	Unidades_	Pedidos	Líneas	Cubetas
10	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
11	0,0%	0,4%	0,1%	0,3%
50	33,0%	31,1%	30,0%	29,2%
51	1,3%	4,4%	1,2%	3,7%
52	16,8%	23,5%	21,8%	23,1%
53	1,6%	7,3%	1,9%	6,2%
54	47,3%	33,2%	45,1%	37,4%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Nota. Distribución de las unidades, pedidos y cubetas por área de actividad. Tomado del software Microsoft Power Bi.

El modelo desarrollado en Power BI permitió evidenciar que el número de líneas y unidades en un pedido dentro de cada área de actividad influye directamente en el tiempo requerido para que uno o varios operarios completen el alistamiento.

Para analizar esta relación, se estableció una escala de seis niveles de tiempo, basada en el promedio total por pedido. Los detalles de esta clasificación se presentan en la *Tabla 11*, con esto se contrastó los 134.264 pedidos que se alistaron en el almacén 0050 con el tiempo que se necesitó para cumplir con el picking de estos pedidos, identificándose que el 47% de los pedidos tiene una probabilidad que se demore entre 6 a 15 min (63.171 pedidos) con un promedio de Sku's de 15 y 61 unidades, esto en relación a los pedidos que son medianamente grandes y que es la tendencia real del centro de distribución, se evidencia que el 28% de los pedidos tiene una probabilidad que se demore en alistarse entre 0 a 5 min y tiene un promedio máximo de 5 SKU's y 26 unidades. En relación con el dato de operación se puede decir que un pedido promedio entre 1 a 15 Sku's tiene la probabilidad del 75% que se demore en terminar entre 0 a 15 min y este dato es muy general dado a que la separación se realiza en las diferentes áreas de actividad.

Tabla 11

Escalas de Tiempo de Alistamiento de Pedidos

Rango	Pedidos	% Part	Sku's	Unidades
Probabilidad que un pedido se demore entre 6 a 15min	63.171	47%	15	61
Probabilidad que un pedido se demore entre 0 a 5min	37.673	28%	5	26
Probabilidad que un pedido se demore entre 16 a 22min	15.531	12%	31	119
Probabilidad que un pedido se demore entre 23 a 30min	8.504	6%	43	165
Probabilidad que un pedido se demore entre 21 a 50min	6.808	5%	62	252
Probabilidad que un pedido se demore más de 51 min	2.577	2%	121	547

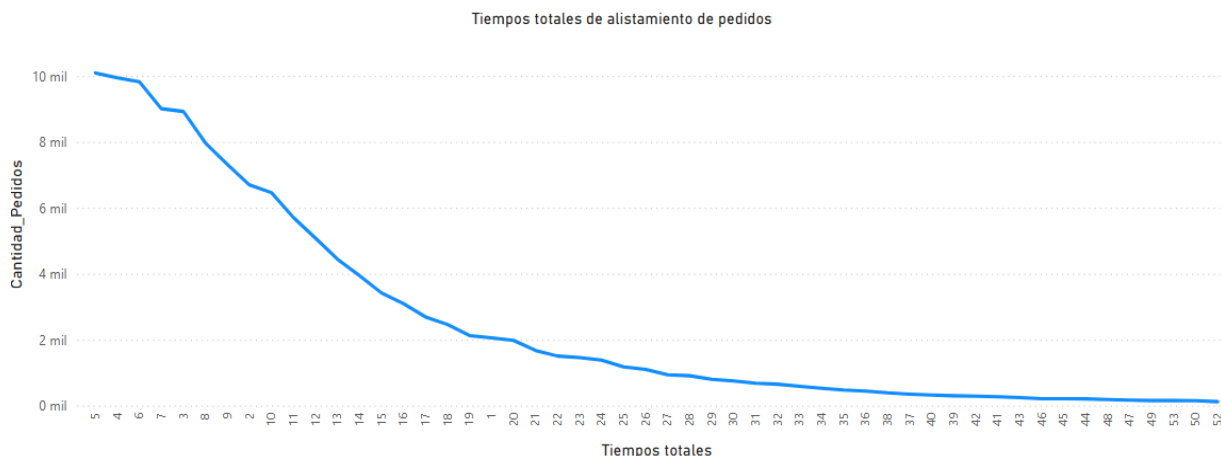
Nota. Probabilidad de tiempos de alistamiento de un pedido completo en los almacenes 0050.

Tomado del software Microsoft Power Bi.

En la figura 8, se puede apreciar la curva de distribución de pedidos alistados con respecto al tiempo que se necesita para finalizarlos en las áreas de actividad, presentado una alta concentración de pedidos su pico más alto se encuentra entre los pedidos alistados en 0 a 15 min.

Figura 9

Distribución de Tiempos Totales Vs. Cantidad de Pedidos Alistados



Nota. Gráfico de distribución de tiempos con relación a la cantidad de pedidos (Para mayor detalle navegar en el archivo anexo: Minería de datos_2). Tomado del software Microsoft Power Bi.

Analizado desde las áreas de actividad con mayor participación en alistamiento de pedidos como lo son el área de actividad 0050 y la 0054; se identificó que en promedio en el área de actividad 0050, el 97,1% de las ordenes tiene la probabilidad de ser finalizadas entre 0 a 15 min; con promedio de Sku's de 12 y con promedio de unidades de 44 *ver tabla 12*

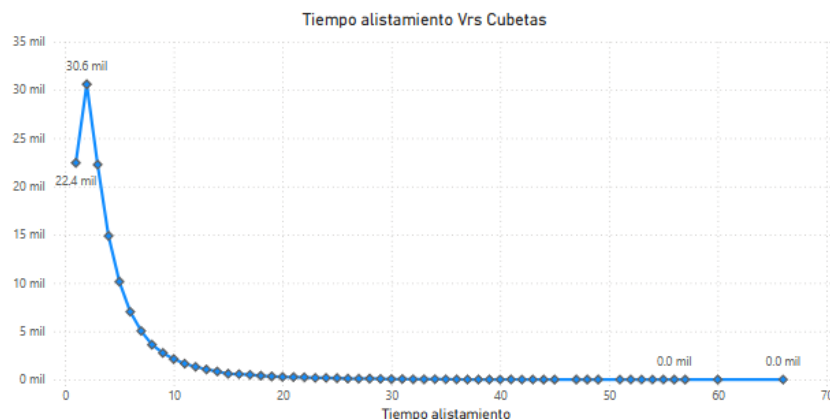
Tabla 12*Probabilidad de Tiempos en Alistamiento de Pedidos AA. 0050*

Rango_0050	Ordenes	% Part	Prom_ Líneas	Prom_ Unds	% sum	Prom_ Líneas	Prom_ Unds
Probabilidad que una cubeta se aliste entre 0 a 5min	100.301	77,1%	4	14			
Probabilidad que una cubeta se aliste entre 6 a 10min	20.552	15,8%	12	43	97,1%	12	44
Probabilidad que una cubeta se aliste entre 11 a 15min	5.460	4,2%	19	75			
Probabilidad que una cubeta se aliste entre 16 a 20min	2.056	1,6%	27	104			
Probabilidad que una cubeta se aliste entre 21 a 25min	989	0,8%	28	108			
Probabilidad que una cubeta se aliste entre 26 a 35min	585	0,5%	33	122	2,9%	30	112
Probabilidad que una cubeta se aliste entre 36 a 50 min	116	0,1%	40	130			
Probabilidad que una cubeta se aliste con tiempo mayor a 50 min	16	0,0%	59	146			

Nota. Distribución de la probabilidad que una cubeta sea finalizada en un rango de tiempo en el área de actividad 0050. Tomado del software Microsoft Power Bi.

Figura 10

Distribución de Cubetas Alistadas con Respecto a el Tiempo de Alistamiento Aa0050



Nota. Gráfico de distribución de tiempos Vs. cubetas alistada 0050 (Para mayor detalle navegar en el archivo anexo: Minería de datos_2). Tomado del software Microsoft Power Bi.

Para el área de actividad 0054, se pudo identificar que el 97,7% de las cubetas alistadas tiene una probabilidad de ser finalizadas entre 0 a 15 min; con un promedio de Sku's de 13 y 48 unidades *ver tabla 13*.

Tabla 13

Probabilidad de Tiempos en Alistamiento de Pedidos AA. 0054

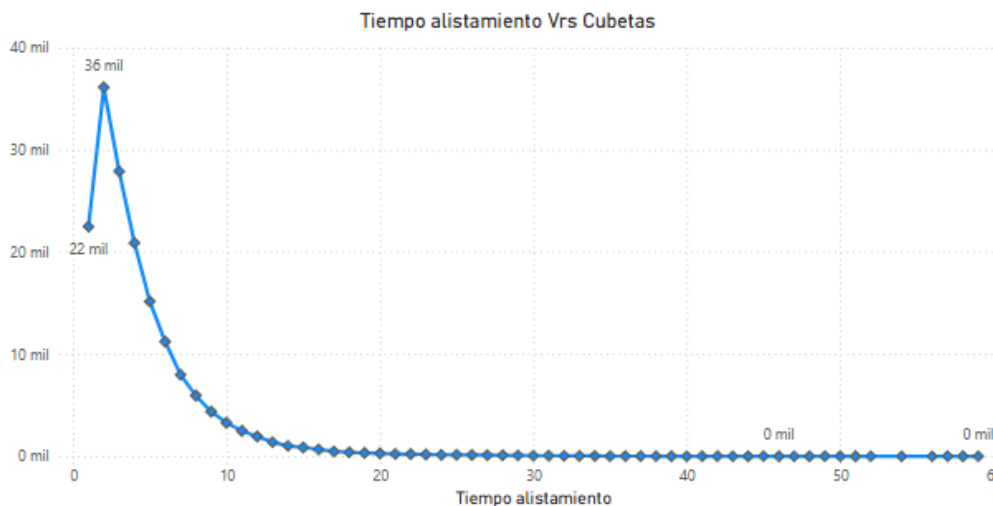
Rango_0054	Ordenes	% Part	Prom_ Líneas	Prom_ Unds	% sum	Prom_ Líneas	Prom_ Unds
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 0 a 5 min	122.502	73,4%	4	16	97,7%	13	48
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 6 a 10 min	32.791	19,7%	14	49			

Rango_0054	Ordenes	% Part	Prom_ Líneas	Prom_ Unds	% sum	Prom_ Líneas	Prom_ Unds
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 11 a 15 min	7.700	4,6%	21	77			
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 16 a 20 min	2.146	1,3%	25	91			
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 21 a 25 min	896	0,5%	20	73			
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 26 a 35 min	636	0,4%	22	77	2,3%	23	81
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 36 a 50 min	112	0,1%	28	88			
Probabilidad que Una cubeta se aliste con tiempo mayor a 50 min	13	0,0%	37	90			

Nota. Distribución de la probabilidad que una cubeta sea finalizada en un rango de tiempo en el área de actividad 0054. Tomado del software Microsoft Power Bi.

Figura 11

Distribución de Cubetas Alistadas con Respecto a el Tiempo de Alistamiento AA. 0054



Nota. Gráfico de distribución de tiempos con relación a las cubetas alistada en el área de actividad 0054 (Para mayor detalle navegar en el archivo anexo: Minería de datos_2). Tomado del software Microsoft Power Bi

En observación directa se puede evidenciar un comportamiento en el tiempo de alistamiento de las áreas de actividad 0054 y 0050 muy similares y por ende se debe realizar un análisis de correlación con el fin de determinar si los tiempos de alistamiento de las dos áreas de actividad de mayor impacto se comportan de la misma forma, generando la necesidad de optimizar estos movimientos de forma equitativa para estas áreas, impactarían de forma directa sobre todo el proceso. Se extrajeron los tiempos promedios de alistamiento y la cantidad promedio de líneas o ubicaciones separadas, utilizando la fórmula de coef.de.correl de Excel se pudo determinar que la probabilidad que tiene una cubeta que contenga en promedio 13 líneas en las áreas de actividad 0050 y 0054 es del 0.998 *ver tabla 14 y figura12*, presentando una fuerte correlación y evidenciando que se comportan de la misma forma, por ende se realizara un estudio

para determinar las opciones de optimización de los tiempos de alistamiento y como muestra central se investigaran las cubetas que tengan en promedio 14 líneas con un tiempo de alistamiento entre 0 a 15 minutos.

Tabla 14

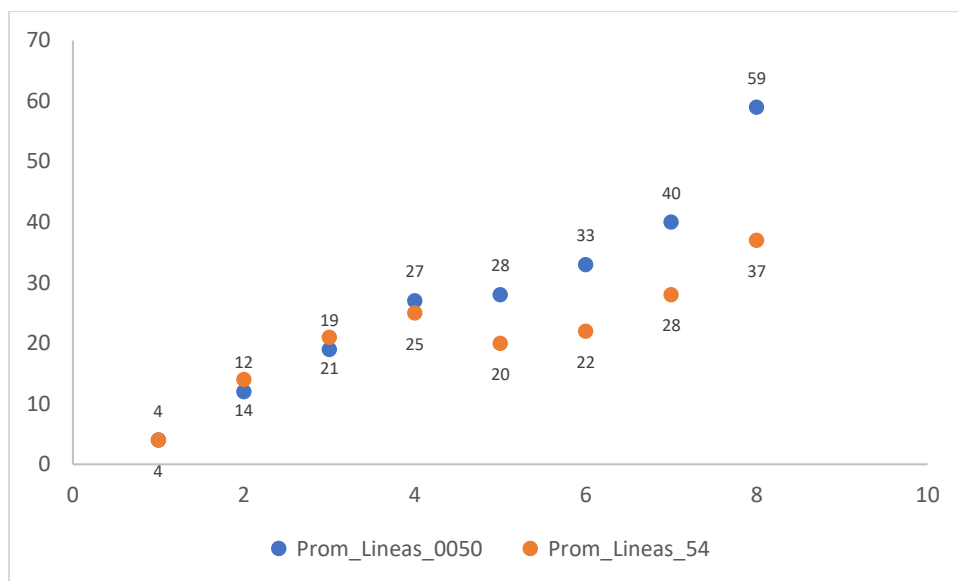
Correlación de Alistamiento de Cubetas en AA. 0050 y 0054

Rango_0050	Prom_Lineas_0050	Prom_Lineas_0054
Probabilidad Que Una Cubeta Se Aliste Entre 0 A 5Min	4	4
Probabilidad Que Una Cubeta Se Aliste Entre 6 A 10Min	12	14
Probabilidad Que Una Cubeta Se Aliste Entre 11 A 15Min	19	21
Probabilidad Que Una Cubeta Se Aliste Entre 16 A 20Min	27	25
Probabilidad Que Una Cubeta Se Aliste Entre 21 A 25Min	28	20
Probabilidad Que Una Cubeta Se Aliste Entre 26 A 35Min	33	22
Probabilidad Que Una Cubeta Se Aliste Entre 36 A 50 Min	40	28
Probabilidad Que Una Cubeta Se Aliste Con Tiempo Mayor A 50 Min	59	37
Correlación de tiempos y líneas en AA. 0050 y 0054		0,9980

Nota. Análisis de correlación de pedidos y líneas alistados en las AA. 050 y 0054. Tomado del software Microsoft Power Bi.

Figura 12

Gráfico de Correlación para las Cubetas Alistadas en el AA. 0050 y 0054

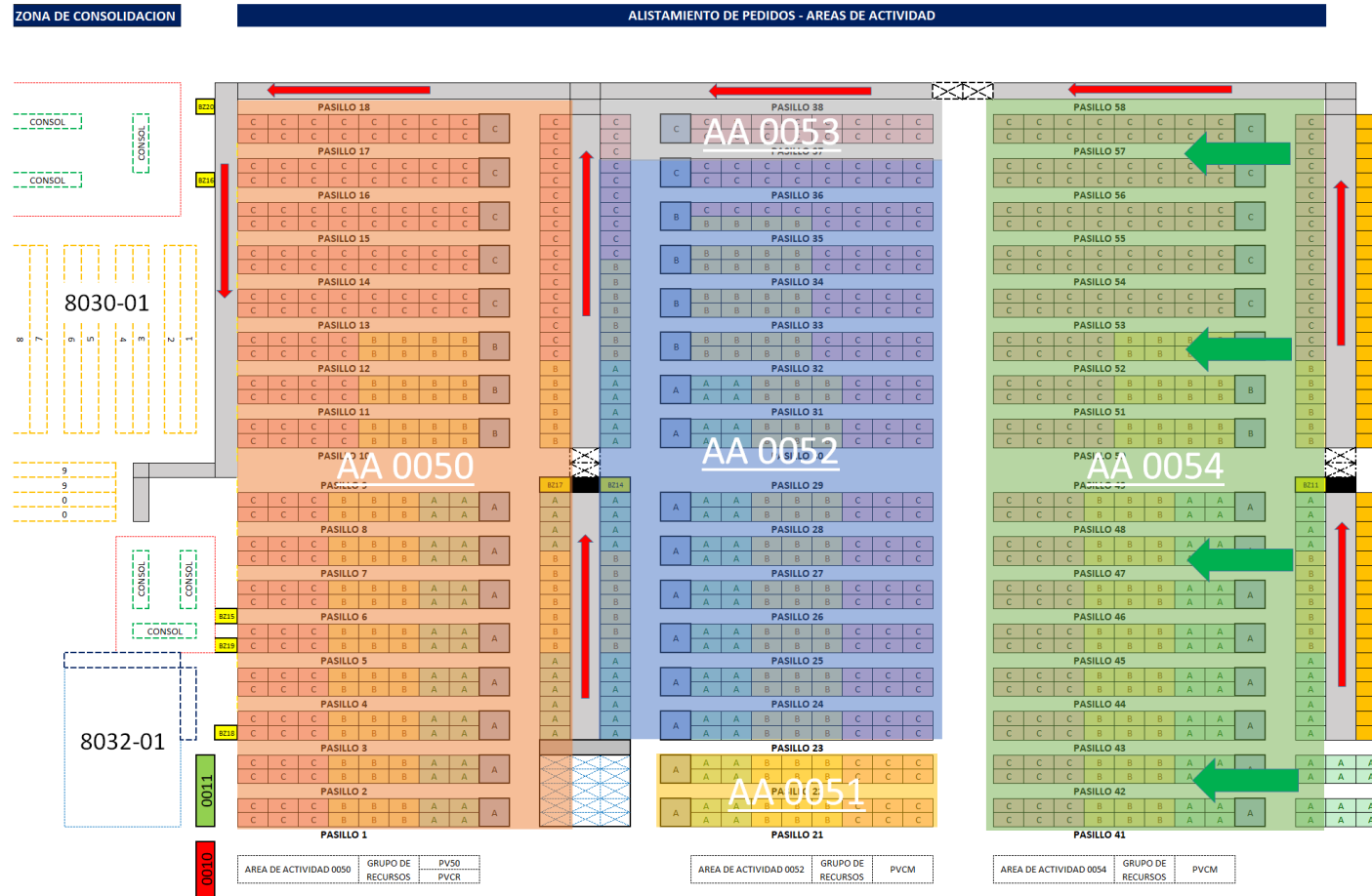


Nota. Gráfico de correlación para el alistamiento de cubetas con respecto a la cantidad de líneas separadas en el AA. 0050 y 0054, elaboración propia.

En la figura 13, se puede ver la distribución de ubicación del almacén 0050 y las áreas de actividad en donde se ejecuta la operación de alistamiento de pedidos que en promedio tiene 1.600 metros cuadrados (40 metros x 40 metros) y 11.000 cubetas plásticas que sirven para almacenar los productos de la empresa objeto de estudio.

Figura 13

Layout Almacén 0050



Nota. Layout del almacén0050, área alistamiento de pedidos, elaboración propia

Análisis de Pedidos

Según la conclusión obtenida en la validación de los tiempos promedio de alistamiento de pedidos, se observa que en las áreas de actividad 0050 y 0054, las órdenes con 13 o más SKU's muestran un comportamiento similar, con un tiempo promedio de alistamiento de entre 6 y 15 minutos. Este resultado está alineado con el objetivo general, que busca reducir los tiempos de alistamiento. Durante el análisis de los datos, respaldado por la encuesta realizada y el diagrama de espina de pescado, se identificó que uno de los factores clave que impactan los tiempos de alistamiento son los elevados desplazamientos que los operarios deben realizar para completar las órdenes. Por ello, se consideró necesario revisar los recorridos dentro del almacén para detectar patrones que puedan requerir ajustes. Como ejemplo, se tomó de manera aleatoria la orden de almacén 2155114, que contiene 11 SKU's diferentes, y se realizó la siguiente revisión:

- La orden de almacén 2155114 tiene un total de 11 Sku's y 29 unidades, la cual fue concluida en 05:26 minutos y aproximando a 6 minutos.
- Inicia el recorrido en la ubicación 0050-41-02-0501 y termina en la ubicación 0050-58-24-0404.
- Para completar la orden, el operario recorrió todos los pasillos, lo que generó un exceso de desplazamientos, incrementando la fatiga y el cansancio *ver figura 14*.
- En la tabla 14 se detallan los SKU's alistados y en total para alistar la cantidad total solicitada el operario se desplazó en promedio 122.4 metros desde la ubicación 1 a la ubicación 11.

Tabla 15*Secuencia de Alistamiento Orden 2155114*

Orden	Ubicaciones	Producto	Descripción de producto	Cant	Tiempo	Secuencia	R1	R2	R3	R4	TT Metros
2155114	0050-41-02-0501	100023070	MINOXIDIL FORTE 5% LOCION 60 ML MK	2	00:00:35	1	3,4	0	0	0	3,4
2155114	0050-43-04-0201	100008821	FLUIMUCIL 600 MG 30 SBS	3	00:00:23	2	4,2	3,4	5,8	0	13,4
2155114	0050-45-08-0502	100009760	NOFERTYL AMP. 1 ML C/JER.(P)7898(SC)(SF)	10	00:00:47	3	4,2	4,2	5,8	0	14,2
2155114	0050-49-10-0402	100023330	CLOBETASOL 0.05% CREMA 40 MG MP	1	00:00:29	4	5	4,2	10,6	0	19,8
2155114	0050-50-08-0502	100013379	OMEPRAZOL 20 MG 20 CAPSULAS PC	4	00:00:17	5	0	0	0	0,8	0,8
2155114	0050-51-04-0601	100015322	TRIMEBUTINA 200 MG 20 TABLETAS EX	2	00:00:21	6	3,4	4,2	2,4	0	10
2155114	0050-52-06-0302	100012433	APETINAT JARABE 120 ML	1	00:00:25	7	4,2	3,4	3,4	0	11
2155114	0050-54-06-0601	100012853	APETIFORT JARABE 240 ML	1	00:00:26	8	5	4,2	5,8	0	15
2155114	0050-55-06-0103	200037535	VINAGRE DE MANZANA Y CIDRA 750 ML	1	00:00:22	9	5	5	3,4	0	13,4
2155114	0050-58-04-0402	200034757	2 CRE.P.PEINAR SEDAL RIZ.DEFINIDOS 300ML	1	00:00:43	10	3,4	5	8,2	0	16,6

Orden	Ubicaciones	Producto	Descripción de producto	Cant	Tiempo	Secuencia	R1	R2	R3	R4	TT Metros
2155114	0050-58-24- 0404	100013578	KETOTIFENO 20 MG JARABE 100 ML LP	3	00:00:38	11	0	0	0	4,8	4,8
Total				29	0:05:26		37,8	33,6	45,4	5,6	122,4

Nota. Secuencia de alistamiento de la orden 2155114

*R1, R2, R3 y R4 hace referencia a recorridos, elaboración propia.

Como se pudo evidenciar en el diagrama de recorridos el operario en promedio para alistar una orden de 11 SKU's con 29 unidades tiene que recorrer aproximadamente 122.4 metros en 6 minutos.

Con el análisis anterior se puede determinar que es necesario revisar las ubicaciones de productos por rotación de unidades y por cantidad de visitas que se puedan presentar del mismo producto y la estrategia de almacenamiento que mejor se acopla a las necesidades empresariales es el método slotting con correlación de SKU's, el cual identifica productos con altas visitas y con probabilidad de salir en el mismo pedido, agrupándolos en las ubicaciones con categoría privilegiadas y las cuales se estudian a continuación.

Categorización del Inventario y Slotting

Con el fin de llevar a cabo el análisis de los SKU's que se deben ubicar estratégicamente, se requiere en primera instancia identificar la rotación de inventarios y el slotting de cada uno de los SKU's existentes en el inventario con el fin de revisar el comportamiento de cada uno de estos y la necesidad de generar una reubicación y agrupamiento en forma de Clústeres. Esto en teoría sirve para que las ordenes se alisten en menor tiempo y el operario tenga la oportunidad de aumentar su productividad en función a la cantidad de ordenes alistadas.

Para esto se utilizó nuevamente la aplicación Power bi de Microsoft, la cual cuenta con suficiente potencia para transformar los datos en información veraz, que a través de algoritmos y cálculos matemáticos se pudo identificar lo siguiente:

- Se analizó la rotación de inventarios y el slotting de los SKU que mostraron una salida efectiva de inventario durante el periodo del 01.07.2023 al 31.12.2023.
- Se evaluaron 10.386 SKU y se organizaron según su rotación y slotting.

Rotación de inventarios ABC: Para este concepto, se utilizó un modelo de datos procesados con lenguaje DAX (ver apéndice C), en el cual se clasificaron los SKU según el promedio de solicitudes en unidades. Estos rangos están definidos en la tabla 16 (establecidos en conjunto con el director del centro de distribución)

Tabla 16

Rangos para Categorización de Rotación de Inventarios por Día

Categoría	Rango inferior	Rango superior
A+	101	2000
A	51	100
B+	41	50
B	31	40
C+	6	30
C	1	5
D	0	0

Nota. Rangos para categorización de la rotación de inventarios definidos por los profesionales y dirección logística, elaboración propia.

Dados los rangos de salidas promedio de todos los SKU's se identificó los resultados expuestos en la tabla 17.

Tabla 17

Categorización de Rotación de Inventarios por Día

Categoría	Cantidad de Sku's	Agrupación	% Part	% Part	Concepto
A	174	292	1,68%	2,8%	Alta rotación
A+	118		1,14%		Muy alta rotación
B	194	287	1,87%	2,8%	Media rotación
B+	93		0,90%		Media/alta rotación

Categoría	Cantidad de Sku's	Agrupación	% Part	% Part	Concepto
C	3366	9806	32,41%	94,4%	Baja rotación
C+	6440		62,01%		Baja/media rotación
D	1	1	0,01%	0,0%	Nula rotación
Total	10386		100,00%		

Nota. Categorización de la rotación de inventarios, elaboración propia.

Los resultados generados se pueden evidenciar que los SKU's de alta rotación en unidades lo confirman solo 174 productos categorizados como A+ y 118 productos A; que en total son el 2.81% de todas las referencias disponibles, seguidos por la categoría B+ que tiene 194 productos y sumados con B; totalizan el 2.76% del total de las referencias disponibles, en contraste con la categoría C+ y C que cuentan con el 94.42% de todas las referencias.

Slotting por correlación de Sku's: Para este concepto se volvió a utilizar el lenguaje Dax (ver apéndice D), con el fin de contrastar el dato de slotting el cual es la cantidad de visitas promedio x día y estos rangos están especificados en la tabla 18.

Tabla 18

Rangos de Slotting por Día

categoría	Rango inferior	Rango superior
A	12	200
B	6	11
C	1	5

Nota. Rangos de visitas promedio por día (slotting) definidos por los profesionales y dirección logística, elaboración propia.

Conforme a los rangos definidos, se pudo identificar los SKU's con su respectiva categorización de slotting por día, vista en la tabla 19.

Tabla 19

Rangos de Slotting por Día

categoria	Cantidad de Sku's	% Part
A	255	2,5%
B	849	8,2%
C	9282	89,4%
Total	10386	100,0%

Nota. categoría de visitas promedio por día (slotting), elaboración propia.

La distribución de categoría de slotting se puede apreciar de mejor forma en la figura 15, donde está el mapa de calor del slotting por fila en el almacén 0050 del surtido de unidades sueltas.

Figura 15

Mapa de Calor y Categorización Slotting

AA	Estante	A	B	C	Total gener	A	B	C	
50	01	17	31	51	99	17,2%	31,3%	51,5%	
	02	17	36	127	180	9,4%	20,0%	70,6%	
	03	13	32	118	163	8,0%	19,6%	72,4%	
	04	9	23	176	208	4,3%	11,1%	84,6%	
	05	9	12	180	201	4,5%	6,0%	89,6%	
	06	3	7	250	260	1,2%	2,7%	96,2%	
	07	5	6	261	272	1,8%	2,2%	96,0%	
	08	4	10	213	227	1,8%	4,4%	93,8%	
	09	3	2	149	154	1,9%	1,3%	96,8%	
	10	3	17	123	143	2,1%	11,9%	86,0%	
	11	1	14	36	51	2,0%	27,5%	70,6%	
	12	5	9	117	131	3,8%	6,9%	89,3%	
	13	2	2	181	185	1,1%	1,1%	97,8%	
	14	1	352	353	705	0,0%	0,3%	99,7%	
	15	3	364	367	731	0,0%	0,8%	99,2%	
	16	3	396	399	795	0,0%	0,8%	99,2%	
	17	7	372	379	751	0,0%	1,8%	98,2%	
	18	1	254	255	509	0,0%	0,4%	99,6%	
	19	1	92	93	185	0,0%	1,1%	98,9%	
Total 50		91	217	3812	4120	2,2%	5,3%	92,5%	
51	21		3	121	124	0,0%	2,4%	97,6%	
	22			148	148	0,0%	0,0%	100,0%	
Total 51			3	269	272	0,0%	1,1%	98,9%	
52	25	6	32	166	204	2,9%	15,7%	81,4%	
	26	7	28	164	199	3,5%	14,1%	82,4%	
	27	4	29	153	186	2,2%	15,6%	82,3%	
	28	4	36	157	197	2,0%	18,3%	79,7%	
	29	6	12	183	201	3,0%	6,0%	91,0%	
	30		8	76	84	0,0%	9,5%	90,5%	
	31	2	12	61	75	2,7%	16,0%	81,3%	
	32	3	14	209	226	1,3%	6,2%	92,5%	
	33	2	8	153	163	1,2%	4,9%	93,9%	
	34		8	165	173	0,0%	4,6%	95,4%	
	35	1	4	378	383	0,3%	1,0%	98,7%	
	36	1	4	400	405	0,2%	1,0%	98,8%	
	37	3	3	274	277	0,0%	1,1%	98,9%	
	38	2	3	219	224	0,9%	1,3%	97,8%	
	39			23	23	0,0%	0,0%	100,0%	
	Total 52		38	201	2781	3020	1,3%	6,7%	92,1%
	53	23	1	6	142	149	0,7%	4,0%	95,3%
		24	1	5	161	167	0,6%	3,0%	96,4%
	Total 53		2	11	303	316	0,6%	3,5%	95,9%
54	41	19	35	64	118	16,1%	29,7%	54,2%	
	42	13	44	155	212	6,1%	20,8%	73,1%	
	43	15	27	112	154	9,7%	17,5%	72,7%	
	44	13	46	104	163	8,0%	28,2%	63,8%	
	45	13	48	101	162	8,0%	29,6%	62,3%	
	46	10	41	113	164	6,1%	25,0%	68,9%	
	47	9	35	136	180	5,0%	19,4%	75,6%	
	48	7	36	125	168	4,2%	21,4%	74,4%	
	49	12	36	124	172	7,0%	20,9%	72,1%	
	50	3	21	52	76	3,9%	27,6%	68,4%	
	51	1	8	65	74	1,4%	10,8%	87,8%	
	52	4	14	155	173	2,3%	8,1%	89,6%	
	53	1	11	156	168	0,6%	6,5%	92,9%	
	54	3	2	150	155	1,9%	1,3%	96,8%	
	55	1	6	145	152	0,7%	3,9%	95,4%	
	56		2	151	153	0,0%	1,3%	98,7%	
	57		5	149	154	0,0%	3,2%	96,8%	
	58			60	60	0,0%	0,0%	100,0%	
	Total 54		124	417	2117	2658	4,7%	15,7%	79,6%
Total general		255	849	9282	10386	2,5%	8,2%	89,4%	

Nota. Mapa de calor donde se muestra la distribución de las categorías de slotting por el almacén 0050 por fila, elaboración propia (ver archivo GUIA DE PROYECTO_APLICADO.exe)

El análisis resultante de estos dos conceptos se interpreta que, en los pedidos, los clientes solicitan mix de productos tanto de alta rotación como de media y baja rotación; pero estos

patrones se pueden identificar integrando la rotación de inventarios con las veces que se piden estos productos en el almacén. Aterrizando el dato, se puede decir que hay productos que tiene una categoría A+, pero pueden tener un bajo slotting; esto en parte porque hay productos cuya unidad de embalaje es por docenas o centenas y se visitan dos o 3 veces, presentando un slotting C, pero en rotación de inventario A+. Por ello, necesario analizar cada categoría e integrar los conceptos teniendo en cuenta estos factores y para esto se construyó una tabla de validaciones que contrasta estas afirmaciones y ayuda a visualizar de mejor forma las reubicaciones a realizar *ver tabla 20.*

Tabla 20

Combinación de Rotación de Unidades y Slotting

Concepto	Cantidad de Sku's	% Part	% Concentración
Alta rotación y alto Slotting	154	1,5%	
Alta rotación y bajo promedio de Slotting	24	0,2%	2,57%
Alta rotación y medio promedio de Slotting	89	0,9%	
Media rotación y alto Slotting	61	0,6%	
Media rotación y bajo promedio de Slotting	88	0,8%	3,00%
Media rotación y medio promedio de Slotting	163	1,6%	
Baja rotación y medio promedio de Slotting	597	5,7%	
Baja rotación y alto Slotting	40	0,4%	94,42%
Baja rotación y bajo promedio de slotting	9169	88,3%	
Rotación nula y sin visitas promedio	1	0,0%	0,0%
Total	10385	100,0%	100,0%

Nota. Combinación de conceptos de rotación de inventarios y visitas promedio, elaboración propia.

Para lograr la aplicación de un slotting ABC por correlación de Sku's; es necesario identificar aquellos productos que requiere una reubicación (producto de alto slotting con ubicaciones no adecuadas o productos de bajo slotting en ubicaciones privilegiadas) y para esto se requiere la utilización de un algoritmo en Dax de optimización, que indique a partir de unos parámetros que productos requiere esta modificación en su ubicación (ver apéndice E), y como resultado de esta aplicación se generó una interfaz gráfica que indica las ubicaciones de acuerdo a su categorización que deben mejorarse o reubicarse.

Figura 16

Interfaz de Consulta de Optimización de Ubicaciones

MES

AÑO
 2023

Tipo almacén origen

AA

Pasillo

Ubicación

Ubicación	Producto	Descripción de producto	TIPO DE ESTANTE	TIPO DE UBICACIÓN	TIPO DE ZONA	Cat_Slotting	Slotting x Dia	Cat_und	Rot x Dia	Optimización
0050-50-07-0102	100025268	2 OSCILLOCOCCINUM 6 DOSIS P.E.	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA MEDIA	B	8	C+	17	UBICACION MEJORABLE
0050-48-01-0101	100007778	ACETAMINOFEN 500 MG 100 TABLETAS GF	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	7	B+	45	UBICACION MEJORABLE
0050-44-10-0602	100023817	ACICLOVIR 500 MG 50 TABLETAS LP	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA BAJA ROTACION	B	7	C+	12	UBICACION MEJORABLE
0050-45-13-0101	200039661	ALGODON MOTOCHITOS 25 GR PG-5 LL7 ICOM	PAÑALERA	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	12	C+	28	UBICACION MEJORABLE
0050-42-12-0104	100024733	ALUPRID 12 MG SOLUCION 15 ML HP	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA BAJA ROTACION	B	6	C+	12	UBICACION MEJORABLE
0050-48-13-0101	200032912	ALPINA BABY FORINFANTIL 1 400 GR	PAÑALERA	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	10	C+	25	UBICACION MEJORABLE
0050-44-13-0101	200032913	ALPINA BABY FORINFANTIL 1 900 GR	PAÑALERA	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	7	C+	12	UBICACION MEJORABLE
0050-41-02-0601	200032916	ALPINA BABY FORINFANTIL 2 900 GR	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	7	C+	11	UBICACION MEJORABLE
0050-45-06-0101	100018319	AMZOL 500 MG 100 TBS ICOM (RF)	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	6	C+	10	UBICACION MEJORABLE
0050-44-07-0103	100026211	ANTIZOX 1% CREMA 20 GR ICOM	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA MEDIA	B	6	C+	22	UBICACION MEJORABLE
0050-46-10-0602	100022771	ASPIRINA ULTRA 500 MG 100 TABLETAS	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA BAJA ROTACION	B	6	C+	8	UBICACION MEJORABLE
0050-42-02-0101	200036530	BABY KLIM 1 0-6 MESES 400 GR	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	9	C+	26	UBICACION MEJORABLE
0050-41-14-0603	100002817	BETANECROTON 10 CAPSULAS	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA BAJA ROTACION	B	6	C+	12	UBICACION MEJORABLE
0050-44-04-0601	200034339	BOLSA PAPEL KRAFT ICOM 16X6 1/2LB 100UDS	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	7	B	36	UBICACION MEJORABLE
0050-44-04-0601	200034339	BOLSA PAPEL KRAFT ICOM 16X6 1/2LB 100UND	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	6	C+	27	UBICACION MEJORABLE
0050-44-03-0601	100024089	BRONQUISAN BOMBONERA 60 SBS 4 TBS	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	6	C+	7	UBICACION MEJORABLE
0050-47-03-0601	100007750	BUSCAPINA 20 TABLETAS	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	6	C+	12	UBICACION MEJORABLE
0050-45-12-0601	100019901	BUSCAPINA FEM 90 TABLETAS (A)	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA BAJA ROTACION	B	7	C+	9	UBICACION MEJORABLE
0050-45-05-0103	100024532	CARVEDILOL 6.25 MG 30 TBS MK(M)7410	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	8	B	34	UBICACION MEJORABLE
0050-44-12-0601	100001851	CREMA FORZ 24 SBS	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA BAJA ROTACION	B	7	C+	11	UBICACION MEJORABLE
0050-46-05-0603	100013746	DESCONGEL GRIPA 100 CAP.BLANDA GELAT.(A)	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	8	C+	10	UBICACION MEJORABLE
0050-43-03-0601	200016590	DEXEX PUNTO G 3 UDS ICOM	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	8	B+	46	UBICACION MEJORABLE
0050-43-03-0601	200016590	DEXEX PUNTO G 3 UND ICOM	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	9	A	59	UBICACION MEJORABLE
0050-47-08-0603	100017212	DICLOFENACO 75 MG 10 AMPOLLAS W	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	9	B	35	UBICACION MEJORABLE
0050-46-08-0603	100007919	DITOPAX 50 TABLETAS	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA MEDIA	B	6	C+	9	UBICACION MEJORABLE
0050-47-03-0101	100001910	DOLEX 500 MG 100 TABLETAS	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	8	C+	9	UBICACION MEJORABLE
0050-45-14-0101	100026942	ELECTROLIT HIDRATANTE JAMAICA 625 ML	DINAMICA	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	7	C+	24	UBICACION MEJORABLE
0050-53-05-0102	100017320	ESTEINE 3.5 MILIGR 6 OVULOS (3%+)PAE	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA MEDIA	B	6	C+	16	UBICACION MEJORABLE
0050-46-03-0601	100006221	FLUJIMUCIL 100 MG 30 SBS	CUBETA GRANDE AZUL	INADECUADO	ZONA CALIENTE	B	10	C+	16	UBICACION MEJORABLE

Nota. Interfaz gráfica para consulta de ubicaciones mejorables. Tomado del software Microsoft Power Bi.

Con los datos consolidados del interfaz generado en Power Bi, se puede identificar que para mejorar los tiempos de alistamiento al reducir los movimientos de los operarios es necesario

la agrupación de productos de alta visita (slotting) y alta rotación que las primeras filas de cada área de actividad y como se indicó anteriormente el área que se va a realizar el análisis y modificación es la 0054, en donde se concentra una gran cantidad de Sku's de alta, media y baja rotación. Siguiendo con esta línea en la tabla 21, se puede evidenciar que de las 2658 ubicaciones activas en el AA. 0054, el 28,2% requieren modificación y para esto se requiere generar trasposos físicos y condiciones adicionales que son necesarias para que la agrupación de Sku's funcione y disminuya la cantidad de movimientos realizados para terminar una cubeta.

Tabla 21

Consolidado de Reubicaciones y Movimientos a Realizar

AA	Ubicaciones	% Part	Reubicar	Ubicación mejorable	Total modificaciones	% modificaciones Vs. Ubicaciones
50	4120	39,7%	556	43	599	14,5%
51	272	2,6%	137	1	138	50,7%
52	3020	29,1%	651	49	700	23,2%
53	316	3,0%	144	2	146	46,2%
54	2658	25,6%	666	84	750	28,2%
Total	10386	100,0%	2154	179	2333	22,5%

Nota. Cantidad de cambios a realizar en el total de las áreas de actividad. Tomado del software Microsoft Power Bi.

Para la realización de las modificaciones se requieren movimientos físicos de estantería y productos, ampliar capacidad instalada de ocupación volumétrica y otros parámetros que no son relacionados en este proyecto aplicado, dado a que es un proyecto paralelo realizado con la empresa objeto de estudio. Los movimientos fueron realizados entre junio y julio del 2024, como parte de mejoras y aumento de capacidad de almacenamiento del centro de distribución que

coincidió con el proyecto aplicado que se encuentra en desarrollo, al igual que la gestión sistémica que dio como resultado el traspaso virtual y mejora de ubicación a 750 SKU's que generan alto impacto en el área de actividad 0054.

Figura 17

Modificación de Ubicaciones Almacén 0050



Nota. Imágenes soporte de los movimientos físicos realizados, elaboración propia.

Verificación de Resultados

Después de la gestión de los movimientos físicos realizados para que el proyecto aplicado se pueda ejecutar, se tomaron los datos extraídos de la misma forma como se contempló la anterior base de datos con horizonte temporal del 01.08.2024 al 31.12.2024, donde se utilizó nuevamente Access para el almacenamiento de 1,6 Gb de datos y se utilizó el mismo modelo de gestión de datos generado por Power BI.

Durante este tiempo en los almacenes 0010, 0011 y 0050 (surtido) se procesaron 1.999.584 productos (SKU's), con 12.295 Sku's diferentes, también se alistaron 99,971 pedidos generando 6.884.259 unidades con 312.747 cubetas (ordenes) *ver tabla 22.*

Tabla 22*Producción de Unds, Pedidos, Líneas y Cubetas Generadas*

Mes	Unidades_	Pedidos	Líneas	Cubetas
8	1.440.109	20.471	425.178	62.905
9	1.297.690	19.189	369.615	58.283
10	1.410.906	20.100	432.757	62.515
11	1.376.243	20.128	375.476	64.126
12	1.359.311	20.083	396.558	64.922
Total	6.884.259	99.971	1.999.584	312.751

Nota. Cantidad de unidades, pedidos, líneas (SKU's) y cubetas generadas en el periodo de estudio (01.08.2024 – 31.12.2024). Tomado del software Microsoft Power Bi.

Continuando con la línea de investigación, se generó el procesamiento de datos y la estructuración de la misma forma como se realizó en la etapa de diagnóstico y procesamiento de datos, generando como resultado la siguiente información plasmada en la tabla 23.

Tabla 23*Rangos de Tiempos Promedio de Alistamiento de Cubetas en el AA. 0054*

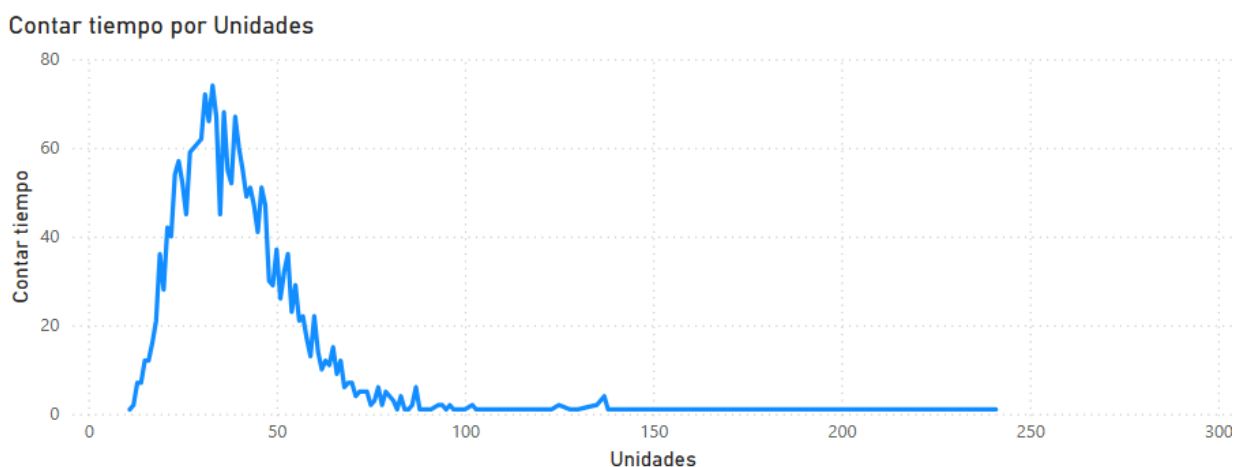
Rango_0054	Ordenes	% Part	Prom_ Líneas	Prom_ Unds	% sum	Prom_ Líneas	Prom_ Unds
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 0 a 5 min	94.738	84,3%	5	19			
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 6 a 10 min	15.759	14,0%	16	54	99,8%	16	52
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 11 a 15 min	1.633	1,5%	26	83			

Rango_0054	Ordenes	% Part	Prom_ Líneas	Prom_ Unds	% sum	Prom_ Líneas	Prom_ Unds
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 16 a 20 min	178	0,2%	33	96			
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 21 a 25 min	44	0,0%	26	71			
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 26 a 35 min	10	0,0%	37	107	0,2%	33	86
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 36 a 50 min	3	0,0%	11	47			
Probabilidad que Una cubeta se aliste con tiempo mayor a 50 min	2	0,0%	56	107			

Nota. Resultado de los tiempos de alistamiento promedio después de los cambios de ubicación realizados. Tomado del software Microsoft Power Bi.

Figura 18

Cambio de Curva de Tiempos de Alistamiento Vs. Cubetas



Nota. Gráfico de normalidad de tiempos de alistamiento Vs. cubetas alistadas, elaboración propia.

Para realizar la comparación de los rangos de tiempo de alistamiento antes y después de las modificaciones y trasпасos de producto, se compararon los datos con el mismo periodo de tiempo pero con la diferencia en años (01.08.2023 – 31.12.2023 al 01.08.2024 – 31.12.2024) , teniendo en cuenta que la demanda de pedidos de un año a otro presento variación, se normalizo la demanda entre el año 2024 Vs. 2023 en 16,6% con el fin de comparar si hay variación entre los rangos de tiempo (ver apéndice G, hoja ‘Contraste de rangos de tiempo)

Tabla 24

Contraste de Rangos de Tiempo Área de Actividad 0054

Rango_0054	% Variación	Prom_Line as	Prom_Un ds
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 0 a 5 min	8,5%	30,2%	16,6%
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 6 a 10 min	-26,8%	-12,2%	33,3%
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 11 a 15 min	-64,5%	-57,5%	37,8%
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 16 a 20 min	-84,9%	-81,7%	60,4%
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 21 a 25 min	-91,9%	-90,1%	78,4%
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 26 a 35 min	-97,4%	-96,5%	105,5%
Probabilidad que Una cubeta se aliste entre 36 a 50 min	-91,0%	-100,0%	-65,3%
Probabilidad que Una cubeta se aliste con tiempo mayor a 50 min	16,6%	0,0%	45,1%

Nota. Contraste de rangos de tiempo entre el escenario sin cambios Vrs con cambios, elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 24, se puede apreciar que en promedio la cubeta que demoraba alistándose entre 6 a 10 min en el área de actividad 0054 disminuyo un 26,8% con relación a los ajustes en las ubicaciones realizado y esto dio a logar que se presentara mayor llenado promedio de cubetas (30.2% más líneas, 16.6% más de unidades) y un aumento significativo en la

participación de las cubetas que tiene un tiempo promedio de alistamiento entre 0 a 5 min (8,5% de crecimiento).

Análisis Estadístico

Para realizar un contraste estadístico que evidencie el impacto del modelo optimizado en comparación con el modelo anterior y permita confirmar o refutar las hipótesis planteadas, se analizaron los tiempos de alistamiento de pedidos antes y después de la implementación del slotting. El análisis se llevó a cabo bajo las mismas condiciones establecidas en la etapa de diagnóstico, considerando órdenes de almacén en el área de actividad 0054, con un promedio de 11 SKU's alistados por pedido. Se identificaron 217 registros del modelo optimizado que cumplen con estos criterios, los cuales se compararon con una cantidad equivalente de registros del modelo anterior. Como primer paso, es necesario validar si los datos obtenidos siguen una distribución normal, ya que esto determinará el tipo de prueba estadística a aplicar (paramétrica o no paramétrica). Para ello, se emplea una prueba de bondad de ajuste, con las siguientes hipótesis:

Ho = Los datos no tiene una distribución normal

Hi = Los datos tiene una distribución normal

La prueba se ejecutó en el software estadístico IBM-SPSS ingresando las variables Tiempo_1 (*tiempos promedio de alistamiento de pedidos con el modelo optimizado*) y Tiempo_2 (*tiempos promedio de alistamiento de pedidos con el modelo sin optimizar*), generando los siguientes resultados.

Figura 19*Prueba de Normalidad y Ajuste Ejecutada en SPSS*

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempos_1	.281	217	<,001	.750	217	<,001
Tiempos_2	.270	217	<,001	.629	217	<,001

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Prueba de normalidad y ajuste ejecuta en IBM-SPSS, aplicando dos pruebas estadísticas Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, Tomado de IBM-SPSS.

Después de la validación estadística en SPSS y dado que la muestra supera los 50 datos, se aplicó la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov (Romero, 2016). Los resultados muestran que las variables Tiempo_1 y Tiempo_2 presentan un nivel de significancia de 0.001, el cual es menor que el p-valor de $\alpha = 0.05$.

Esto indica que los datos no siguen una distribución normal, por lo que se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H_1). Con base en esta información, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U para contrastar la hipótesis principal.

Figura 20*Prueba no Paramétrica - Mann-Whitney U***Prueba de Mann-Whitney**

		Rangos		
	Grupos	N	Rango promedio	Suma de rangos
Tiempos	1	217	155.68	33782.50
	2	217	279.32	60612.50
	Total	434		

Estadísticos de prueba^a

	Tiempos
U de Mann-Whitney	10129.500
W de Wilcoxon	33782.500
Z	-10.500
Sig. asin. (bilateral)	<,001

a. Variable de agrupación:
Grupos

Nota. Prueba no paramétrica Mann-Whitney U para definir si existen diferencias entre los dos grupos de muestras (Tiempos_1 y Tiempos_2), Tomado de IBM-SPSS.

La aplicación de la prueba no paramétrica Mann-Whitney U muestra que el p-valor es < 0.05, lo que indica suficiente evidencia para afirmar que existe una diferencia significativa entre los grupos Tiempo_1 y Tiempo_2. Los resultados evidencian que la variable Tiempo_1 (modelo optimizado) presentó una reducción en la frecuencia de los tiempos en comparación con Tiempo_2, lo que respalda el rechazo de la hipótesis nula planteada y aceptando la hipótesis alternativa. Este hallazgo también se ve reflejado en el gráfico de tallo y hojas, donde se observan diferencias significativas en los rangos extremos ($\text{Tiempo}_1 \geq 7.0$ / $\text{Tiempo}_2 \geq 13.0$).

Figura 21

Grafico de Tallo y Hojas de las Variables Tiempos_1 y Tiempos_2

Tiempos_1 Gráfico de tallo y hojas			Tiempos_2 Gráfico de tallo y hojas		
Frecuencia	Stem &	Hoja	Frecuencia	Stem &	Hoja
10,00	3 .	0000000000	1,00	3 .	0
,00	3 .		,00	3 .	
,00	3 .		16,00	4 .	0000000000000000
,00	3 .		,00	4 .	
,00	3 .		47,00	5 .	0000000000000000
,00	3 .		,00	5 .	
75,00	4 .	0000000000000000	50,00	6 .	0000000000000000
,00	4 .		,00	6 .	
,00	4 .		44,00	7 .	0000000000000000
,00	4 .		,00	7 .	
,00	4 .		30,00	8 .	0000000000000000
,00	4 .		,00	8 .	
82,00	5 .	0000000000000000	5,00	9 .	00000
,00	5 .		,00	9 .	
,00	5 .		6,00	10 .	000000
,00	5 .		,00	10 .	
,00	5 .		3,00	11 .	000
,00	5 .		,00	11 .	
29,00	6 .	0000000000000000	3,00	12 .	000
21,00	Extremos	(>=7,0)	12,00	Extremos	(>=13,0)
Ancho del tallo:	1		Ancho del tallo:	1	
Cada hoja:	1 caso(s)		Cada hoja:	1 caso(s)	

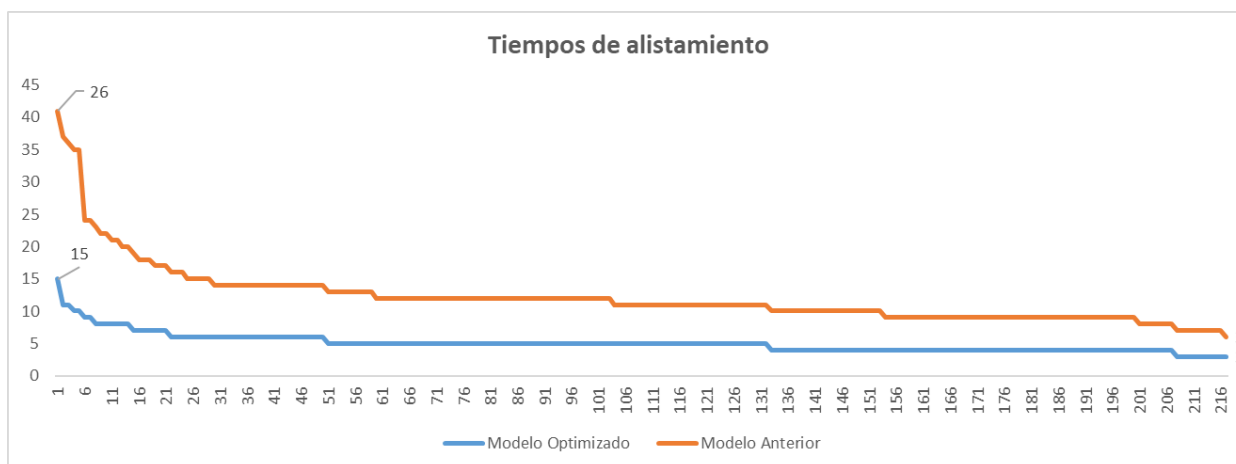
Nota. Detalle de frecuencia y acumulativos en tiempos y extremos (Tiempos_1 y Tiempos_2),

Tomado de IBM-SPSS.

Gráficamente se puede evidenciar las diferencias significativas entre un modelo y el otro, donde se estudian en igualdad de condiciones, pero con la diferencia que a una está con aplicación del método slotting (Tiempos_1) y la otra en condiciones normales sin modificación (Tiempos_2) *ver figura 22.*

Figura 22

Grafico de Tallo y Horas de las Variables Tiempos_1 y Tiempos_2



Nota. Grafica de comportamiento de los tiempos de alistamiento (Tiempos_1 y Tiempos_2) y detalla que el pedido más demorado en el modelo optimizado con las mismas condiciones es de 15 min, mientras que el modelo anterior se toma 26 min, Tomado de IBM-SPSS.

Validación de Cumplimiento de Resultados Esperados

De acuerdo con el modelo optimizado se realiza un nuevo análisis de pedido en donde se quiere evidenciar como se representa el modelo actualmente en el layout del centro de distribución y para esto se toma como ejemplo la orden de almacén 13482792 que contiene como en el análisis anterior 11 SKU's que están ubicados en el área de actividad 0054, generando los siguientes ítems:

- La orden de almacén 13482792 tiene un total de 11 Sku's y 25 unidades, la cual fue concluida en 03:21 minutos.
- Inicia el recorrido en la ubicación 0050-42-01-0401 y termina en la ubicación 0050-49-14-0303

- Para concluir la orden el operario se direcciona por las ubicaciones optimizadas reflejando el cambio de posiciones de productos de alta rotación, logrando una ruta lógica y exceso de movimientos *ver figura 23*.

- En la tabla 26 se detallan los SKU's alistados y en total para alistar la cantidad total solicitada el operario se desplazó en promedio 65,5 metros desde la ubicación 1 a la ubicación 11.

Tabla 25

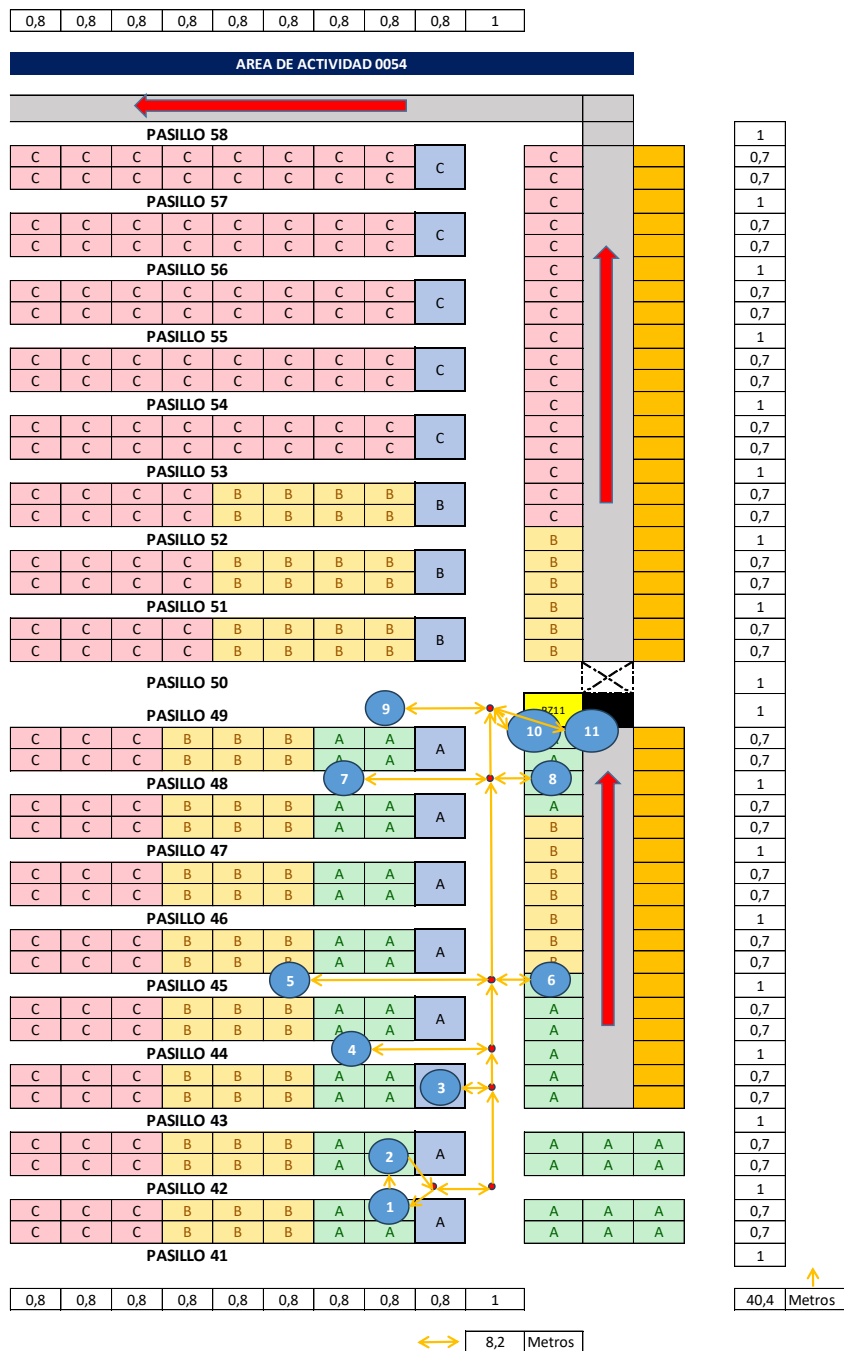
Comparativo del Modelo Anterior Vs. Modelo Optimizado en Recorridos

Ítem	SKU's	Cant Unidades	Tiempo alistamiento	Recorrido en Metros
Modelo Anterior	11	29	0:05:26	122,4
Modelo Optimizado	11	25	0:03:21	56,9
Optimización promedio			0:02:05	65,5

Nota. Se valida el comparativo de dos órdenes de almacén de similares características en el área de actividad 0054, con el modelo anterior Vs. el modelo optimizado con slotting reflejando un promedio de ahorros en recorrido de 53,5% y 38,3% en tiempos de alistamiento y recorrido, elaboración propia.

Figura 23

Recorrido de la Orden de Almacén 13482792



Nota. Diagrama de recorrido de la orden 13482792, con el modelo slotting optimizado,

Elaboración propia.

Tabla 26*Secuencia de Alistamiento Orden 2155114*

Orden	Ubicaciones	Producto	Descripción de producto	Cant	Tiempo	Secuencia	R1	R2	R3	R4	TT Metros	Slottin g	Rotación
13482792	0050-42-01-0401	100023962	ELECTROLIT HIDRATANTE MANZANA 625 ML	2	0:00:49	1	2,6	0	0,1	0	2,7	B	B
13482792	0050-42-02-0401	100023960	ELECTROLIT HIDRATANTE FRESA 625 ML	1	0:00:09	2	0	2,6	0	0	2,6	A	A+
13482792	0050-43-13-0101	100023955	ELECTROLIT HIDRATANTE COCO 625 ML	1	0:00:11	3	0,1	0	4,6	0	4,7	C	C+
13482792	0050-44-08-0103	100009150	ACIDO ACETILSALICILICO 100 MG 100 TBS GF	1	0:00:19	4	3,4	1,7	3,4	0	8,5	C	C+
13482792	0050-45-03-0201	100026942	ELECTROLIT HIDRATANTE JAMAICA 625 ML	1	0:00:27	5	4,2	4,2	3,4	0	11,8	B	C+
13482792	0050-45-14-0301	100023966	ELECTROLIT HIDRATANTE FRESA KIWI 625 ML	1	0:00:09	6	1	0	0	0	1	A	A
13482792	0050-48-03-0501	770006426	OBS. ACETAMINOFEN 500MG 100 TABLETAS AG	2	0:00:17	7	3,4	3,4	8,2	0	15	B	A
13482792	0050-48-14-0203	770002952	OBS LAFRANCOL AZITROMICINA TABLETAS AG	10	0:00:14	8	1	0	0	0	1	C	C+
13482792	0050-49-04-0401	100012732	ACETAMINOFEN 500 MG 100 TABLETAS AG	3	0:00:18	9	2,6	2,6	2,4	0	7,6	B	A+
13482792	0050-49-14-0201	100026941	ELECTROLIT HIDRATANTE MORA AZUL 625 ML	2	0:00:16	10	1	0	0	0	1	A	A
13482792	0050-49-14-0303	770006420	OBS.DICLOFENACO RETARD 100 MG 20 CAP AG	1	0:00:12	11	1	0	0	0	1	A	A+
Total				25	0:03:21		20,3	14,5	22,1	0	56,9		

Nota. Secuencia de alistamiento de la orden 2155114

*R1, R2, R3 y R4 hace referencia a recorridos, elaboración propia

Comprobación de la Disminución de Tiempos de Alistamiento

Como se pudo apreciar en la tabla 25, el contraste entre el modelo anterior sin implementar slotting versus el modelo aplicado con slotting agrupado por correlación de SKU's, logro mejorar la distribución eficiente disminuyendo el promedio de recorridos para completar una orden de almacén en al menos 53,5% y en promedio se disminuyó el tiempo de alistamiento de ordenes en el área 0054 en 29,4% *ver tabla 27*, y a partir de esto se realiza el análisis de variación de tiempos entre el modelo anterior y el optimizado el cual es evidenciado en la *tabla 27*.

Tabla 27

Comparativo del Modelo Anterior Vs. Modelo Optimizado en Tiempos

Ítem	Sku's	Promedio Tiempos
Modelo Anterior	11	7,14
Modelo Optimizado	11	5,04
% Optimizado	11	29,4%

Nota. En la validación estadística realizada se puede demostrar que el modelo de slotting por correlación de SKU's disminuyo los tiempos de alistamiento en promedio 29,4%, elaboración propia.

Según los resultados arrojados se puede evidenciar que en promedio los tiempos de alistamiento en el área de actividad 0054 mejoraron en un 29,4% superando las expectativas planteadas en el resultado esperado de 25% presentando una variación de 4,4% por encima de lo esperado.

Comprobación del Aumento en la Capacidad Instalada de Alistamiento de Pedidos

Para comprobar que la capacidad instalada del centro de distribución presento algún tipo de variación, se extraen los datos de las bases de datos utilizando Power Query en Excel en los rangos temporales desde el 01.08.2024 al 31.12.2024 (periodo antes de las modificaciones realizadas) hasta el 01.08.2024 al 31.12.2024 (periodo después de las modificaciones del slotting), consolidando los datos en la tabla 28.

Tabla 28

Consolidación de Datos y Resultados por Mes (Picking - 0050)

Año	Ítems				Velocidad Del Proceso			Rendimiento En Producción * Operario			Cumplimiento (Output / Input)			
	Mes	Rec	Días	Horas	Líneas /Hora	Und / Hora	Cubeta /Hora	Líneas /Hora	Und /Hora	Cubeta /Hora	% Líneas /Meta	% Ordenes /Meta	% Und /Hora	Acumulado / Rendimiento
2023	8	34	25	7,38	2.129	7.685	382	62,6	226	11,2	74,0%	71,6%	73,1%	72,9%
	9	35	26	6,77	2.471	8.570	411	70,6	244,9	11,7	83,4%	74,9%	79,2%	79,1%
	10	34	26	6,81	2.336	8.302	412	68,7	244,2	12,1	81,1%	77,3%	78,9%	79,1%
	11	32	24	8,13	2.219	8.356	404	69,4	261,1	12,6	81,9%	80,6%	84,4%	82,3%
	12	36	24	6,58	2.647	9.849	439	73,5	273,6	12,2	86,9%	77,8%	88,4%	84,4%
2024	8	28	26	5,9	2.773	9.474	411	97,4	332,9	14,4	106,7%	96,2%	103,8%	102,2%
	9	32	25	4,76	3.107	10.910	490	97	340,5	15,3	106,2%	102,0%	106,2%	104,8%
	10	35	26	4,39	3.791	12.435	548	110	360	15,9	120,2%	105,9%	112,3%	112,8%
	11	29	24	5,59	2.797	10.306	479	97	358	16,7	106,5%	111,0%	111,8%	109,8%
	12	33	24	5,03	3.288	11.357	539	100	345	16,4	109,2%	109,0%	107,5%	108,6%

Nota. La tabla muestra el resultado mes a mes del promedio de recursos utilizados, días laborados, horas promedio por operario por día, rendimiento promedio del proceso en líneas, unidades y cubetas (ordenes) por hora y el % de cumpliendo con respecto a las metas de producción mensual (Productividad neta del proceso), elaboración propia.

En la tabla 29, se pueden apreciar los promedios de rendimiento de acuerdo con el rango de tiempo analizado y comprobar la variación entre modelos, para mayor detalle abrir el archivo de Excel GUIA DE PROYECTO_APLICADO.xml en la hora Capacidad instalada.

Tabla 29

Promedios de Rendimientos en Picking (Modelo Anterior Vs. Modelo Optimizado)

Ítems				Velocidad Del Proceso			Rendimiento En Producción * Operario			Cumplimiento (Output / Input)			
Año	Rec	Días	Horas	Líneas /Hora	Und / Hora	Cubeta /Hora	Líneas /Hora	Und / Hora	Cubeta /Hora	% Líneas /Meta	% Ordenes /Meta	% Und /Hora	Acumulado / Rendimiento
2023	34,2	25	7,134	2.360	8.552	409,6	68,96	249,96	11,96	81,5%	76,5%	80,8%	79,6%
2024	31,4	25	5,134	3.151	10.896	493,4	100,28	347,28	15,74	109,8%	104,8%	108,3%	107,6%

Nota. Tabla de promedios de los ítems más relevantes para el análisis del proceso de alistamiento de pedidos – picking en el almacén 0050, elaboración propia.

En la tabla 30 se puede apreciar que de acuerdo con los cambios realizados en el layout del almacén 0050 y aplicación del modelo slotting con correlación de SKU's el cumplimiento promedio del proceso aumento en 35,3% pasando en el 2023 de 79,6% (modelo anterior)

Tabla 30

% Variación entre Modelos (Rangos de Tiempos)

% Variación	Ítems			Rendimiento En Velocidad Del Proceso Producción * Operario						Cumplimiento (Output / Input)			Acumulado / Rendimiento
	Rec	Días	Horas	Líneas	Und /	Cubeta	Líneas	Und /	Cubeta	%	%	%	
				/Hora	Hora	/Hora	/Hora	Hora	/Hora	Líneas	Ordenes	Und	
2024 vs. 2023	-8,2%	0,0%	-28,0%	33,5%	27,4%	20,5%	45,4%	38,9%	31,6%	34,8%	37,1%	34,0%	35,3%

Nota. % variación entre el modelo anterior y el modelo actual, elaboración propia.

Para demostrar que la capacidad instalada presento variación se requiere analizar los datos promedio de rendimiento en producción por operario dependiendo del rango temporal (modelo anterior – 2023 Vs. modelo optimizado – 2024) mostrados en la tabla 31.

Tabla 31

Rendimientos por Operario Promedio en Líneas, Unidades y Cubetas (Ordenes)

Año	Líneas / Hora	Und / Hora	Cubeta / Hora
2023	68,96	249,96	11,96
2024	100,28	347,28	15,74

Nota. Rendimientos promedio por operario de acuerdo con los criterios de producción (líneas por hora, unidades por hora y cubetas por hora), elaboración propia.

De acuerdo con estos datos se procede a realiza el cálculo de la capacidad instalada de acuerdo con el rango temporal y con un promedio de 8 horas laborales con 31 recursos (operarios) en planta presentando los siguientes datos expuestos en la tabla 32

Tabla 32

Capacidad Instalada del Proceso de Picking (Producción)

Año	Rec	Horas_lab	Velocidad Del Proceso			Rendimiento En Producción *		
			Líneas / Hora	Und / Hora	Cubeta / Hora	Operario		
						Líneas / Hora	Und / Hora	Cubeta / Hora
2023	34,2	8	18.883	68.419	3.277	552	2.000	96
2024	31,4	8	25.210	87.171	3.947	802	2.778	126

Nota. Cálculo de la capacidad instalada, elaboración propia.

Para realizar la comparación entre las capacidades instaladas, se tiene que contemplar las dos variables inherentes que son la velocidad del proceso por hora la cual es el ritmo del trabajo total con todos los recursos por hora y el rendimiento promedio por operario, teniendo en cuenta los factores críticos de evaluación de líneas (SKU's), unidades (unidades de SKU's) y cubetas (ordenes). De acuerdo con lo anterior se puede decir que en promedio la capacidad instalada en promedio (velocidad del proceso) aumento 27,1% con respecto al modelo anterior, al igual que el rendimiento por operario el cual presento un incremento del 38,7% con respecto al modelo anterior, *ver tabla 33*.

Tabla 33

% Variación de la Capacidad Instalada del Modelo Anterior Vs. Modelo Optimizado

%	Velocidad Del Proceso						Rendimiento En Producción	
	* Operario			* Operario			*%	** %
	Líneas / Hora	Und / Hora	Cubeta / Hora	Líneas / Hora	Und / Hora	Cubeta / Hora	Velocidad proceso	Rendimient o
2024 vs. 2023	33,5%	27,4%	20,5%	45,4%	38,9%	31,6%	27,1%	38,7%

Nota. % Variación de la capacidad instalada del proceso de picking con el modelo anterior y el modelo optimizado, elaboración propia.

Con respecto a esta validación se puede afirmar que el resultado esperado del 15% en la mejora de la capacidad instalada fue superada al establecerse una mejora del 27, % esto significa que el resultado supero las expectativas en 13 puntos por encima de lo esperado.

Conclusiones

Concluido el proyecto aplicado en la empresa farmacéutica de la ciudad de Bucaramanga, se pueden relacionar las siguientes conclusiones:

La aplicación de slotting por correlación de SKU's como estrategia de almacenamiento de productos es funcional para empresas que manejen cualquier cantidad de SKU's dado a que optimiza los recorridos y mejora la velocidad del proceso en cuanto a separación de mercancía o picking.

Preferiblemente en la empresa que se implemente la estrategia slotting, debe contar por lo menos con un sistema de información gestionado por wms ya que el insumo necesario para el proceso de análisis es obligatoriamente la demanda de unidades por ubicación y esta debe tener un 100% de exactitud en la generación de la información.

Con la implementación de la estrategia slotting por correlación de SKU's se logró demostrar que se disminuyeron 29,4% los tiempos de alistamiento total superando las expectativas y los resultados esperados en 4,4% y se evidencio el incremento en la capacidad instalada de alistamiento de pedidos en 27%, superando la expectativa en 13% de acuerdo con el resultado esperado.

Para futuras investigaciones se sugiere correlacionar el llenado de cubetas con la unificación de las áreas de actividad 0050 y 0054 con el fin de disminuir el % de consolidación (unificación de cubetas separadas llenándolas manualmente por pedidos) y disminuir la probabilidad de error.

Recomendaciones

Se recomienda al grupo de profesionales encargados de las áreas de reaprovisionamiento y datos maestros, realizar semanalmente el análisis de las ubicaciones de alta rotación y altas visitas dado a que por la dinámica de la empresa se pueden presentar ofertas comerciales y efectos que pueden variar la información y alterar los recorridos óptimos del alistamiento de pedidos y esto se puede rastrear con la herramienta diseñada para este proyecto en POWER BI que solo necesita alimentarse con la información generada por los servidores.

Se recomienda generar de forma oportuna la alimentación de las bases de datos en Access que son la fuente para la herramienta y es crucial depurar datos innecesarios que puedan alterar el normal funcionamiento del instrumento.

Se recomienda realizar evaluaciones periódicas de productos de baja rotación que tiene ubicación fija, con el fin de liberar ese espacio necesario para ubicar producto con mejores indicadores de rotación.

Se recomienda a futuro la unificación de las áreas de actividad 0054 y 0052 con el fin de optimizar el llenado de cubetas y disminuir el % de reducción anual o consolidación el cual tiene una alta probabilidad de generar troques de mercancía o cubetas por dicha actividad.

Referencias Bibliográficas

- Arrieta, J. (2011). Aspectos a considerar para una buena gestión en los almacenes de las empresas (Centros de Distribución, CEDIS). *Journal of Economics, Finance and Administrative*, 16(30), 83-96.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-18862011000100007&lng=es&tlng=es.
- Ballou, R. (2003). *Business Logistics: Supply Chain Management* (5th ed.). Pearson.
- Barrionuevo, E., & De Jesus, R. (2010). *Logística de Inventario y su incidencia en las Ventas de la Farmacia Cruz Azul Internacional de la ciudad de Ambato*. Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/1381>
- Bartholdi, J., & Hackman, S. (2011). *Warehouse & distribution science*. Georgia Institute of Technology. https://www.scl.gatech.edu/sites/default/files/downloads/gtscl-warehouse_science_bartholdi.pdf
- Bolaños, L., & Vida, C. (2021). The impact of inventory holding costs on the strategic design of supply chains. *Revista Facultad de Ingeniería*, 101, 45-54.
<https://doi.org/10.17533/udea.redin.20200692>
- BS, K., & Smith, J. (2012). Slotting methodology using correlated improvement for a zone-based carton picking distribution system. *Computers & Industrial Engineering*, 62(1), 286-295.
doi:10.1016/j.cie.2011.09.016
- Caballero, R., & González, A. (2021). Propuesta metodológica para el diseño del slotting de mercancía en centros de distribución. *Revista de I+D Tecnológico*, 17(2).
<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/339/3392429003/index.html>

- Celik, N., Senoglu, B., & Arslan, O. (2015). *Estimación y pruebas de hipótesis en ANOVA a una vía cuando los errores se distribuyen como normal sesgados*.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rce/v38n1/v38n1a04.pdf>
- Chase, R. B., & Jacobs, R. F. (2014). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros Ciudad de México*,. <https://ucreanop.com/wp-content/uploads/2020/08/Administracion-de-Operaciones-Produccion-y-Cadena-de-Suministro-13edi-Chase.pdf>
- Chase, R., Jacobs, F., & Aquilano, N. (2006). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros*. McGraw-Hill. doi:978-970-10-7027-7
- Chavez, J., & Torres, R. (2009). *Negocios globales*. Una verdad incómoda:El costo de mantener inventarios: <https://www.emb.cl/negociosglobales/articulo.mvc?xid=749&ni=una-verdad-incomoda-el-costo-de-mantener-inventarios>
- Corredor, E. (2019). *Técnicas de Investigación: Identificación del problema: Matriz Vester*.
https://repository.unad.edu.co/reproductor-ova/10596_22997/12_matriz_de_vester.html
- Crespo, F. (2018). Descripción detallada del sistema EWM en gestión de almacenes de Sap.
[Tesis de Maestría, Universidad del País Vasco]. <https://addi.ehu.es/handle/10810/29795>
- DeGroot, M. H. (1988). *Probabilidad y Estadística*. Addison: Wesley Iberoamericana. ISBN 0-201-64405-3.
- Diego Más, J. A. (2020). *Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos. Aportación al control de la geometría de las actividades*.
<http://hdl.handle.net/10251/135821>

Duque, J., Cuellar, M., & Cogollo, J. (2020). Slotting y picking: una revisión de metodologías y tendencias. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 28(3), 514-527.

doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052020000300514>

Duque, J., Cuellar, M., & Cogollo, J. (2020). Slotting Y Picking: Una Revisión De Metodologías Y Tendencias. *Revista chilena de ingeniería*, 28(3), 514-527.

<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052020000300514>

Duran, Y. (2012). Administración del inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas. *Vision gerencial*, 1, 55-78.

<https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545892008.pdf>

Estada, S., Restrepo, L., & Ballesteros, P. (2010). Análisis de los costos logísticos en la administración de la cadena de suministro. *scientia et Technica*, 16(45), 272-277.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917249050>

Fernández, C. A., & Quintanar, J. A. (2015). *Reducciones temporales para convertir la sintaxis abstracta del diagrama de flujo de tareas no estructurado al álgebra de tareas*.

<https://www.redalyc.org/pdf/5122/512251504003.pdf>

Florez Ruiz, E., Miranda Novales, M. G., & Villasís keever, M. Á. (2017). *The research protocol VI: How to choose the appropriate statistical test. Inferential statistics*.

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-91902017000300364)

[91902017000300364](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-91902017000300364)

Frazelle, E. H., & Sojo, R. (2007). *Logística de almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial / Edward H. Frazelle, Ricardo Sojo ; traducción Ricardo Sojo ; revisión técnica Henry Esquivel L. y Álvaro José Hurtado S*. Bogotá: Grupo Editorial Norma.

- García Hernández, L., Arauzo Azofra, A., Salas Morara, L., Pierreval, H., & Corchado, E. (2013). *Diseño de Plantas de Reciclaje mediante un Algoritmo Genético Interactivo*.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10798587.2013.803679>
- García Sabater, J. P. (2020). *Introducción al Picking Nota Técnica*.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/141981/Introduccion%20al%20Picking%20Nota%20Tecnica.pdf?sequence=3>
- Granada, J. I. (2008). *Gestión Logística*.
https://www.fesc.edu.co/portal/archivos/e_libros/logistica/gestion_logistica.pdf
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 177(1), 1-21.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.025>
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principio de la administración de operaciones* (7° ed.). Pearson Educación. doi:978-607-442-099-9
- IBM. (2024). *Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra*.
<https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/saas?topic=tests-one-sample-kolmogorov-smirnov-test>
- Ingenio empresas. (2022). *Matriz de vester para la priorización de problemas*.
https://www.ingenioempresa.com/matriz-de-vester/#google_vignette
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. Pearson Educación. doi:9789684444119, 9684444117
- Kramis, J. (1994). *Sistemas y procedimientos administrativos: metodología para su aplicación en instituciones privadas y públicas*. Universidad Iberoamericana.

https://www.google.com.co/books/edition/Sistemas_y_procedimientos_administrativo/79QHe9xyLbwC?hl=es&gbpv=0

Kuo, R. J., Kuo, P. H., Chen, Y., & Zulvia, F. E. (2016). *Application of metaheuristics-based clustering algorithm to item assignment in a synchronized zone order picking system.*

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1568494616301211>

La Republica. (23 de Marzo de 2023). *Con 63,3%, Cruz Verde y Coopidrogas dominan el mercado de droguerías en el país.* <https://www.larepublica.co/empresas/con-63-3-cruz-verde-y-coopidrogas-dominan-el-mercado-de-droguerias-en-el-pais-3573463>

López, M. (2007). *Planeación estratégica de tecnologías informáticas y sistemas de información.* Universidad de Caldas, Comité Editorial. doi:9789588231617, 9588231612

Manzini, M., Bozer, Y., & Heragu, S. (2015). *Decision models for the design, optimization and management of warehousing and material handling systems International Journal of Production Economics, International Journal of Production Economics, .*

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527315002923?via%3Dihub>

Marín, R. (6 de 12 de 2021). *Inventario de baja rotación: ¿Cómo manejarlos y evacuarlos?*

Zonalogistica: <https://zonalogistica.com/inventario-de-baja-rotacion-como-manejarlos-y-evacuarlos/>

Matheis, T., & Speck, S. (2023). *Automatización integral del almacén con SAP EWM.*

<https://e3mag.com/es/automatizacion-integral-de-almacenes-con-sap-ewm/>

Matthews, J., & Visagie, S. (2024). *Assignment of stock keeping units to parallel unidirectional picking. South African Journal of Industrial Engineering, .* 26(1), 235-251.

[http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-78902015000100018&lng=en&tlng=en.](http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-78902015000100018&lng=en&tlng=en)

- Matusiak, M., De Koster, R., & Saarién, J. (2017). Utilizing individual picker skills to improve order batching in a warehouse. *European Journal of Operational Research*, 263(3), 888-899. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.05.002>
- Miranda, J. (2005). *Gestión de Proyectos*. MM Editores. doi:9789589622728, 9589622720
- Molina, M. (2022). Obtenido de <https://anestesiario.org/2022/prueba-de-la-u-de-mann-whitney-ciencias-o-letras/>
- Molina, M. (2024). *Bondad de ajuste a una normal*. <https://anestesiario.org/2024/entre-bambalinas-bondad-de-ajuste-a-una-normal/>
- Moore, J. M. (1962). *Plant layout and design*. New York: Mac Millan Company.
- Mora, L. (2016). *Gestión logística integral : las mejores prácticas en la cadena de abastecimientos*. Ecoediciones.
<https://bibliotecavirtual.unad.edu.co/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edspub&AN=edp1440846&lang=es%2ces&site=eds-live&scope=site>
- Nahamias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones* (5° Edición ed.). Mac-Graw-Hill. doi:007-286538-5
- Pedrosa, I., Juarros Basterretxea, J., & Robles Fernández, A. (2014). *Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar?*
<https://www.redalyc.org/journal/647/64739086029/html/>
- Pérez Gosende, P. A. (2016). *evaluación de la distribución espacial de plantas industriales mediante un Índice De Desempeño*.
<https://www.scielo.br/j/rae/a/6ydZBBTjQcqj9jMSTQRydjN/?format=pdf&lang=es>

Portafolio. (20 de Febrero de 2023). Coopidrogas abre una nueva sede en el Valle del Cauca.

<https://www.portafolio.co/negocios/empresas/coopidrogas-abre-una-nueva-sede-en-el-valle-del-cauca-578766>

Romero Saldaña, M. (2013). *Contraste de Hipótesis Comparación de dos medias independientes mediante pruebas no paramétricas: Prueba U de Mann-Whitney.*

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4327647.pdf>

Romero, M. (2016). Metodología de la investigación, Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista Enfermería del Trabajo*, 6(3), 105-114.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5633043.pdf>

Rosero, I., Guarnizo, R., Polanco, J., & Tovar, S. (2020). *Definición del slotting para Operar Colombia a través de una heurística.*

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/53155/193002-Guarnizo-Polanco-Rosero%20-%20ronald%20guarnizo.pdf?sequence=1>

Simons, A. J. (2006). *The Discovery Method for Object-Oriented Software Engineering.*

<https://staffwww.dcs.shef.ac.uk/people/A.Simons/discovery/>

Tawfik, L., & Chauvel, A. (1992). *Administración de la producción.* Mexivo: McGraw Hill.

Tompkins, J., While, J., Bozar, Y., & Tanchoco, J. (2010). *Facilities Planning* (4° ed.). Jhon

Wiley & Sons, Inc.

Tsai, W., Tsaur, T., Chou, Y., Liu, J., & Hsu, J. (2009). *Evaluating the Information Systems*

Success of ERP Implementation in Taiwan's Industries.

https://www.researchgate.net/publication/224096884_Evaluating_the_Information_Systems_Success_of_ERP_Implementation_in_Taiwan's_Industries

- Universidad Javeriana. (23 de Junio de 2023). *Operadores lógicos o booleanos*.
<https://javeriana.libguides.com/c.php?g=1058461&p=7693694>
- Urquilo, J. (1995). *Teorías de las relaciones sindicato-gerenciales*. Universidad Católica Andrés Bello. doi:9789802441044, 980244104X
- Vasudevan, K. (2011). *Consideración simultánea de la seguridad de evacuación y la productividad en la planificación de instalaciones de fabricación mediante simulaciones multiparadigmáticas*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835211001781>
- Viera, M. (2014). *Diseño y aplicaciones de slotting (asignación de localizaciones a los productos) en módulos de picking (alistamiento de pedidos) en el servicio farmacéutico del Hospital Pablon Tobón Uribe*. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/2468>.
- Viveros, P., González, K., Mena, R., Kristjanpoller, F., & Robledo, J. (2021). Slotting Optimization Model for a Warehouse with Divisible First-Level Accommodation Locations. *Applied Sciences*, 11(3), 936. doi:<https://doi.org/10.3390/app11030936>
- Yu, Y., DeKoster, R., & Guo, X. (2015). Class-Based Storage with a Finite Number of Items: Using More Classes is not Always Better. *Production and Operations Management*, 24(8), 1235-1247. doi:<https://doi.org/10.1111/poms.12334>
- Zhang, Y. (2016). Correlated Storage Assignment Strategy to reduce Travel Distance in Order Picking. *IFAC-PapersOnLine*, 49, 55-65. <https://doi.org/10.1287/ited.4.3.55>

Apéndices

Apéndice A

Modelo de Encuesta para Usuarios Expertos

Encuesta a Líderes Expertos de Proceso: Optimización de Almacenamiento y Alistamiento de Pedidos

Instrucciones: Por favor, lea cuidadosamente cada pregunta y seleccione la opción que considere más adecuada según su experiencia.

Preguntas Generales sobre el Proceso Actual

1. ¿Cuál es su rol actual dentro del proceso de logística y almacén?

- a) Directo cedi
- b) Inspector operativo
- c) Operador de Picking
- d) Profesional cedi

2. ¿Cómo describiría el flujo actual del proceso de alistamiento de pedidos en el área de picking?

- a) Altamente eficiente y estructurado
- b) Eficiente, pero con oportunidades de mejora
- c) Poco eficiente con varias interrupciones
- d) Ineficiente y requiere una reestructuración completa

3. ¿Cuáles son los principales retos o problemas que enfrenta el equipo durante el alistamiento de pedidos?

- a) Largos tiempos de desplazamiento
- b) Errores en la preparación de pedidos

- c) Falta de organización en las ubicaciones
- d) Alta carga laboral y horas extras

4. ¿Qué estrategias actuales se utilizan para la organización de los SKU en el almacén?

- a) Clasificación por tipo de producto
- b) Clasificación por rotación de productos
- c) Organización aleatoria
- d) Sin una estrategia definida

5. ¿Qué aspectos considera que generan mayores retrasos en el alistamiento de pedidos?

- a) Configuración inadecuada de estanterías
- b) Rutas de desplazamiento ineficientes
- c) Falta de personal capacitado
- d) Todas las anteriores

6. ¿Cómo se determinan actualmente las rutas de desplazamiento de los operarios dentro del área de picking?

- a) Basadas en la proximidad de los SKU
- b) Uso de rutas predefinidas
- c) Determinadas por el operario
- d) No existe un criterio definido

Sobre la Distribución y Clasificación de los SKU

6. ¿Existen productos que requieren un manejo o ubicación especial debido a su alta rotación?

- a) Sí, se gestionan con ubicaciones prioritarias
- b) Sí, pero no tienen ubicaciones definidas
- c) No, todos los productos se manejan igual
- d) Desconozco el manejo actual

7. ¿Qué criterios utilizan para definir la ubicación de un SKU en el área de picking?

- a) Frecuencia de rotación
- b) Tipo de producto
- c) Volumen o peso
- d) Ningún criterio específico

8. ¿Ha habido intentos previos de implementar algún sistema de clasificación o priorización de productos?

- a) Sí, con resultados positivos
- b) Sí, pero no fue efectivo
- c) No se han realizado intentos
- d) Desconozco esta información

9. ¿Qué tan frecuente es la reubicación de SKU en función de cambios en la demanda?

- a) Muy frecuente
- b) Ocasional

- c) Rara vez
- d) Nunca

Sobre el método Slotting y Propuestas de Mejora

10. ¿Está familiarizado con métodos como Slotting o el análisis ABC?

- a) Sí, las conozco y las aplico
- b) Sí, pero no se han aplicado
- c) No estoy familiarizado
- d) No considero que sean necesarias

11. ¿Cómo podría una reestructuración en la distribución de los SKU impactar en los tiempos de alistamiento?

- a) Reduciría significativamente los tiempos
- b) Tendría un impacto moderado
- c) No generaría cambios relevantes
- d) Podría complicar el proceso

12. ¿Qué tipo de herramientas o tecnologías cree que serían útiles para optimizar los procesos actuales?

- a) Sistemas de gestión de almacenes (WMS)
- b) Tecnología de picking automático
- c) Software de optimización de rutas
- d) Todas las anteriores

Indicadores y Métricas Actuales

13. ¿Qué métricas o indicadores utilizan para medir la eficiencia en el alistamiento de pedidos?

- a) Tiempos promedio de picking
- b) Precisión en el alistamiento
- c) Cantidad de órdenes completadas
- d) Ninguno

14. ¿Cómo se realiza el seguimiento al rendimiento de los operarios durante el proceso de picking?

- a) Supervisión directa
- b) Reportes diarios
- c) Uso de tecnología
- d) No se realiza seguimiento

Sugerencias y Experiencia Operativa

15. ¿Qué cambios específicos recomendaría para mejorar la productividad en el área de alistamiento?

- a) Mejor organización del área de picking
- b) Implementación de nuevas tecnologías
- c) Capacitación del personal
- d) Todas las anteriores

16. ¿Cómo perciben los operarios los tiempos de desplazamiento y carga laboral actual?

- a) Altamente satisfactorios
- b) Adecuados pero mejorables

- c) Sobrecargados
- d) Insostenibles

Sobre la Validación y Resultados Esperados

17. ¿Qué características debería tener un nuevo sistema de optimización para ser efectivo y aceptado por el equipo?

- a) Simplicidad en su uso
- b) Reducción significativa de tiempos
- c) Capacidad de adaptarse a cambios
- d) Todas las anteriores

18. ¿Qué resultados esperaría ver como mejora tras implementar un modelo de distribución basado en Slotting?

- a) Reducción de tiempos de picking
- b) Mayor productividad
- c) Menor carga laboral
- d) Todos los anteriores

19. ¿Cómo considera que la empresa puede involucrar a los operarios en el proceso de mejora para garantizar su éxito?

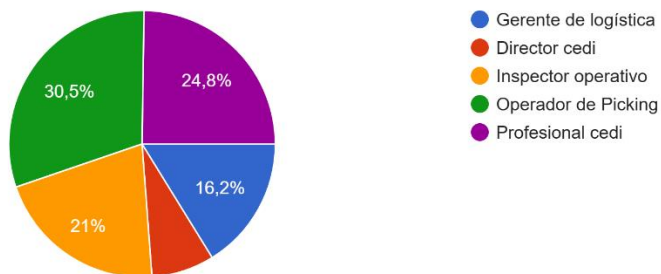
- a) Capacitación continua
- b) Incentivos por participación
- c) Inclusión en las decisiones
- d) Todas las anteriores

Apéndice B

Respuesta de la Aplicación del Instrumento

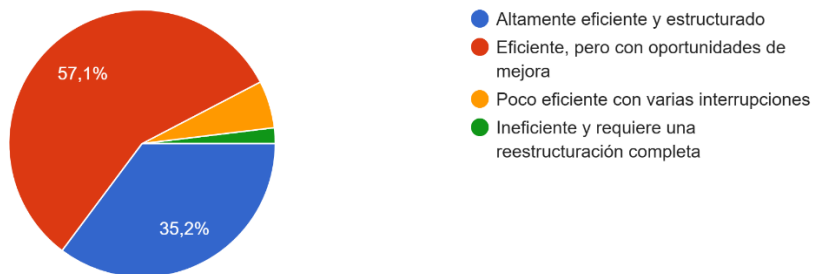
1. ¿Cuál es su rol actual dentro del proceso de logística y almacén?

105 respuestas



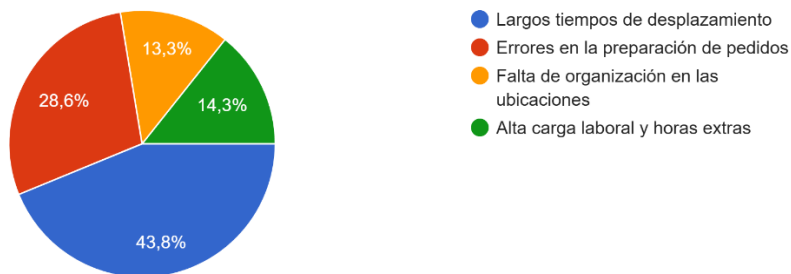
2. ¿Cómo describiría el flujo actual del proceso de alistamiento de pedidos en el área de picking?

105 respuestas



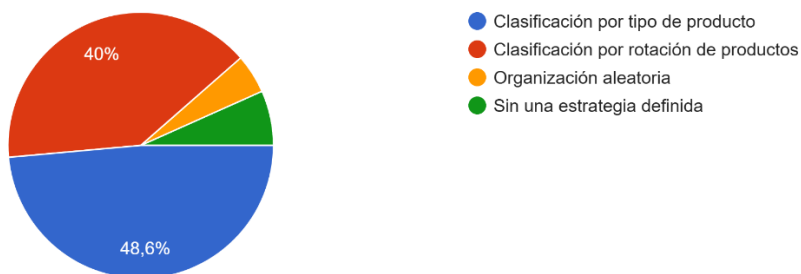
3. ¿Cuáles son los principales retos o problemas que enfrenta el equipo durante el alistamiento de pedidos?

105 respuestas



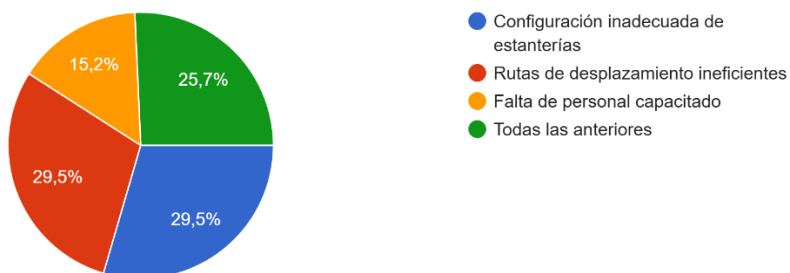
4. ¿Qué estrategias actuales se utilizan para la organización de los SKU en el almacén?

105 respuestas



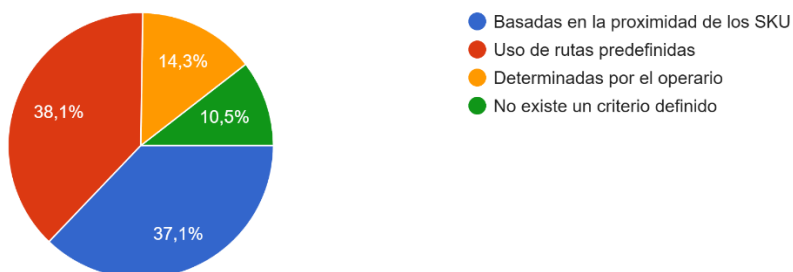
5. ¿Qué aspectos considera que generan mayores retrasos en el alistamiento de pedidos?

105 respuestas



6. ¿Cómo se determinan actualmente las rutas de desplazamiento de los operarios dentro del área de picking?

105 respuestas



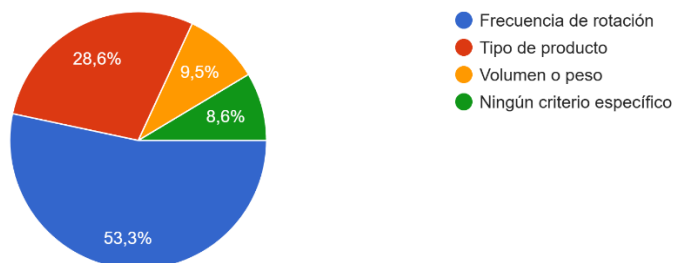
7. ¿Existen productos que requieren un manejo o ubicación especial debido a su alta rotación?

105 respuestas



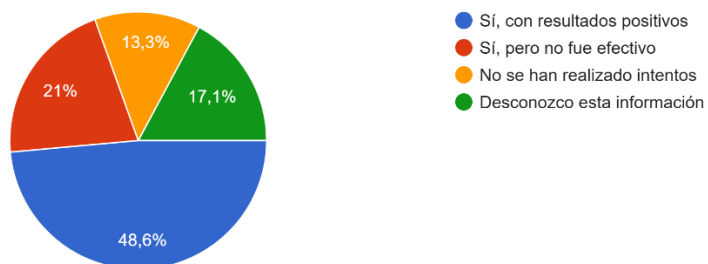
8. ¿Qué criterios utilizan para definir la ubicación de un SKU en el área de picking?

105 respuestas



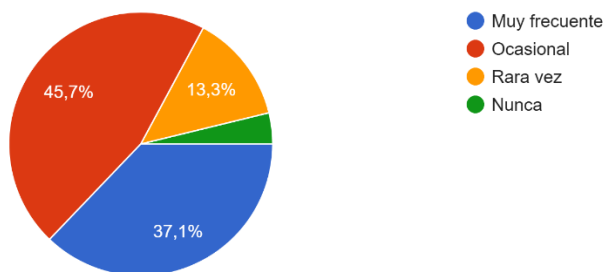
9. ¿Ha habido intentos previos de implementar algún sistema de clasificación o priorización de productos?

105 respuestas



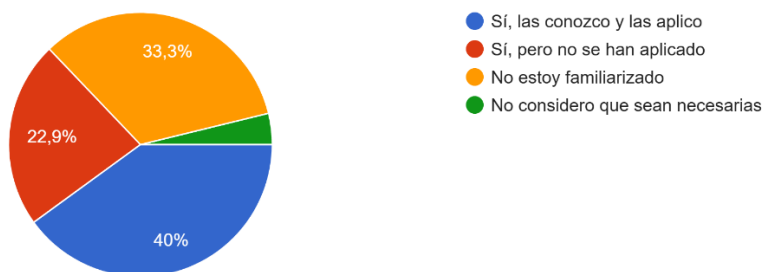
10. ¿Qué tan frecuente es la reubicación de SKU en función de cambios en la demanda?

105 respuestas



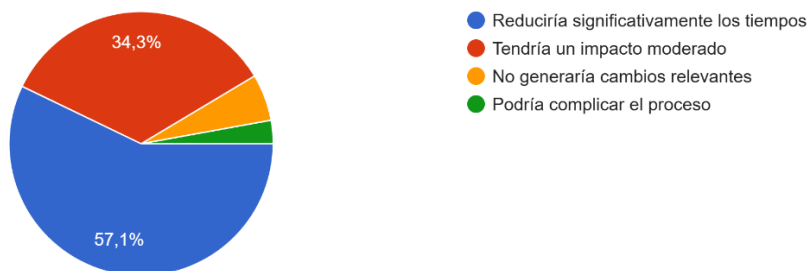
11. ¿Está familiarizado con metodologías como Slotting o el análisis ABC?

105 respuestas



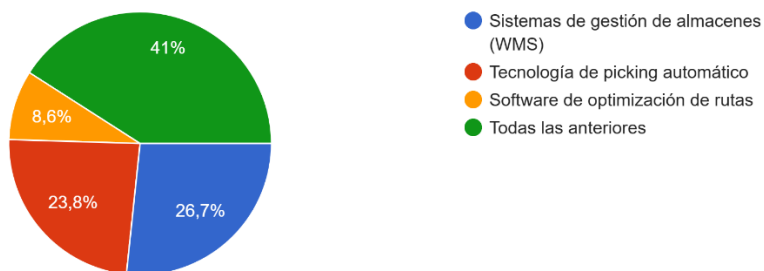
12. ¿Cómo podría una reestructuración en la distribución de los SKU impactar en los tiempos de alistamiento?

105 respuestas



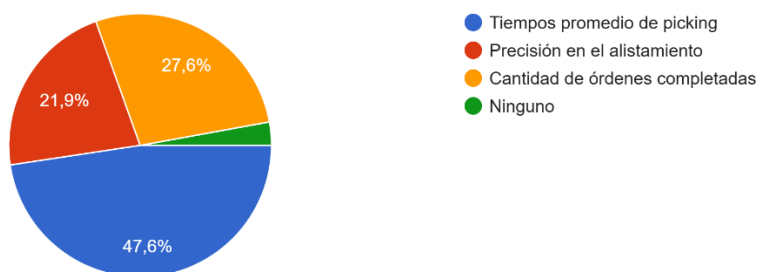
13. ¿Qué tipo de herramientas o tecnologías cree que serían útiles para optimizar los procesos actuales?

105 respuestas



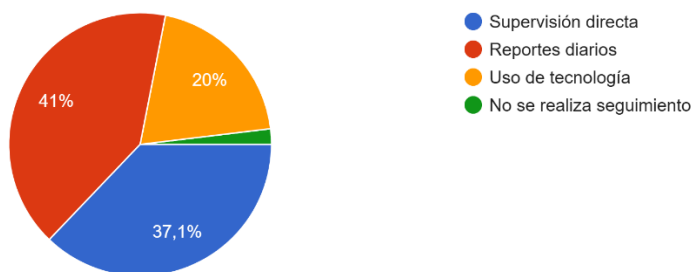
14. ¿Qué métricas o indicadores utilizan para medir la eficiencia en el alistamiento de pedidos?

105 respuestas



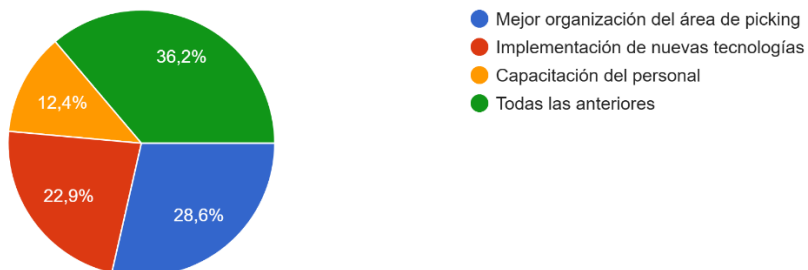
15. ¿Cómo se realiza el seguimiento al rendimiento de los operarios durante el proceso de picking?

105 respuestas



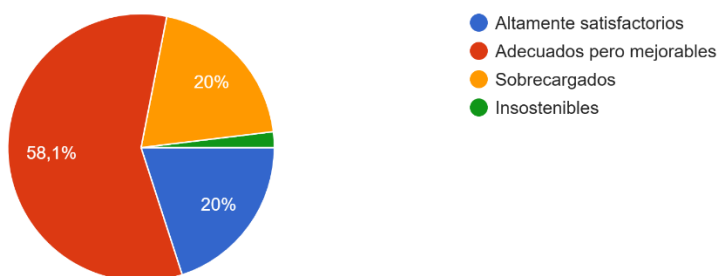
16. ¿Qué cambios específicos recomendaría para mejorar la productividad en el área de alistamiento?

105 respuestas



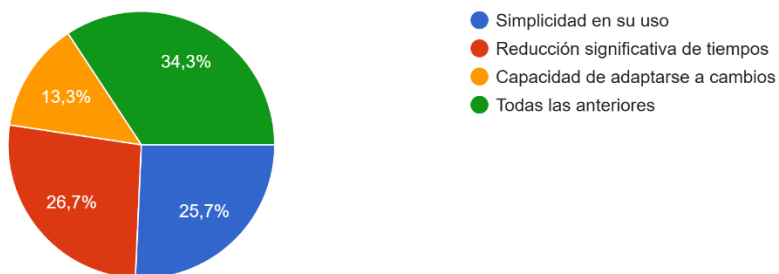
17. ¿Cómo perciben los operarios los tiempos de desplazamiento y carga laboral actual?

105 respuestas



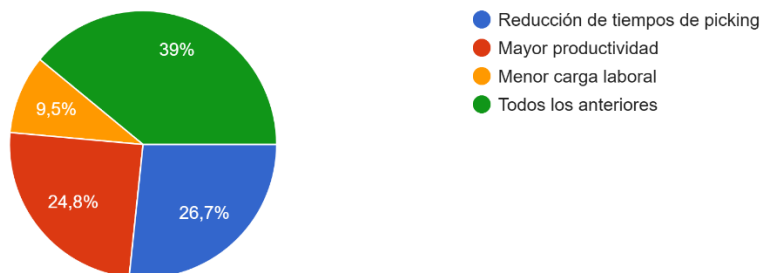
18. ¿Qué características debería tener un nuevo sistema de optimización para ser efectivo y aceptado por el equipo?

105 respuestas



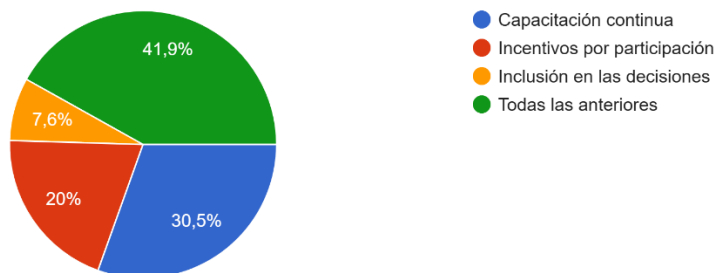
19. ¿Qué resultados esperaba ver como mejora tras implementar un modelo de distribución basado en Slotting?

105 respuestas



20. ¿Cómo considera que la empresa puede involucrar a los operarios en el proceso de mejora para garantizar su éxito?

105 respuestas



Apéndice C

Algoritmo Dax para Clasificar la Rotación de Inventario

```
Categoria_Rotación de und =  
  
VAR RotacionValor = [Rotación promedio x día] -- Guarda el valor de la medida en una variable  
  
RETURN  
  
    SWITCH (  
        TRUE(),  
        NOT ISBLANK(RotacionValor) && RotacionValor >= 101, "A+",  
        RotacionValor >= 51, "A",  
        RotacionValor >= 41, "B+",  
        RotacionValor >= 31, "B",  
        RotacionValor >= 6, "C+",  
        RotacionValor >= 1, "C",  
        "D"  
    )
```

Apéndice D

Algoritmo Dax para Clasificar el Slotting por Día

```
Categoria_Slotting =  
  
VAR SlottingValor = CALCULATE ([Slotting x Dia]) -- Calcula la medida en el contexto actual  
  
RETURN  
  
    SWITCH (  
        TRUE (),  
        SlottingValor >= 12, "A",  
        SlottingValor >= 6, "B",  
        SlottingValor >= 1, "C",  
        "D"  
    )
```

Apéndice E

Algoritmo Dax de Optimización de Ubicaciones

```

Optimización =
VAR Categoria = CALCULATE([Categoria_Slotting]) -- Calcula la medida en el contexto
actual
VAR TipoUbicacion = SELECTEDVALUE (Plantilla_Ubicaciones_0050[TIPO DE
UBICACIÓN])
VAR TipoZona = SELECTEDVALUE (Plantilla_Ubicaciones_0050[TIPO DE ZONA])

RETURN

SWITCH (
    TRUE (),
    -- Ubicación inadecuada para categorías A y B
    Categoria IN {"A", "B"} && TipoUbicacion = "INADECUADO", "UBICACION
MEJORABLE",
    -- Ubicación privilegiada para categoría C
    Categoria = "C" && TipoUbicacion = "PRIVILEGIADO", "REUBICAR",
    -- Zona de baja rotación para categorías A y B
    Categoria IN {"A", "B"} && TipoZona = "ZONA BAJA ROTACION", "REUBICAR",
    -- Zona caliente para categoría C
    Categoria = "C" && TipoZona = "ZONA CALIENTE", "REUBICAR",
    -- Zona media & Tipo de ubicación privilegiada = Reubicar

```

```
    Categoria = "C" && TipoUbicacion="PRIVILEGIADA" && TipoZona="ZONA  
MEDIA","REUBICAR",  
    -- Si no se cumplen condiciones, devuelve BLANK ()  
    BLANK ()  
)
```

Apéndice F

Archivo de Minería de Datos

1. Archivo modelo anterior:

https://drive.google.com/drive/folders/1WZd0UrD6bV5D19qeA64aQk6vm8kC_bTs?usp=sharing

2. Archivo modelo optimizado:

https://drive.google.com/drive/folders/1WZd0UrD6bV5D19qeA64aQk6vm8kC_bTs?usp=sharing

Apéndice G

Archivo de Excel Para Análisis de Datos

https://drive.google.com/drive/folders/1WZd0UrD6bV5D19qeA64aQk6vm8kC_bTs?usp=s_haring

Apéndice H

Algoritmo Dax de Generación de Rangos de Probabilidad

```
Rango_0050 =
SWITCH(
  TRUE(),
  'Extracción_tabla 0050'[Tiempo alistamiento] >= 0 && 'Extracción_tabla 0050'[Tiempo
alistamiento] <= 5, "PROBABILIDAD QUE UNA CUBETA SE ALISTE ENTRE 0 A 5MIN",
  'Extracción_tabla 0050'[Tiempo alistamiento] >= 6 && 'Extracción_tabla 0050'[Tiempo
alistamiento] <= 10, "PROBABILIDAD QUE UNA CUBETA SE ALISTE ENTRE 6 A
10MIN",
  'Extracción_tabla 0050'[Tiempo alistamiento] >= 11 && 'Extracción_tabla 0050'[Tiempo
alistamiento] <= 15, "PROBABILIDAD QUE UNA CUBETA SE ALISTE ENTRE 11 A
15MIN",
  'Extracción_tabla 0050'[Tiempo alistamiento] >= 16 && 'Extracción_tabla 0050'[Tiempo
alistamiento] <= 20, "PROBABILIDAD QUE UNA CUBETA SE ALISTE ENTRE 16 A
20MIN",
```

```
'Extracción_tabla 0050'[Tiempo alistamiento] >= 21 && 'Extracción_tabla 0050'[Tiempo  
alistamiento] <= 25, "PROBABILIDAD QUE UNA CUBETA SE ALISTE ENTRE 21 A  
25MIN",
```

```
'Extracción_tabla 0050'[Tiempo alistamiento] >= 26 && 'Extracción_tabla 0050'[Tiempo  
alistamiento] <= 35, "PROBABILIDAD QUE UNA CUBETA SE ALISTE ENTRE 26 A  
35MIN",
```

```
'Extracción_tabla 0050'[Tiempo alistamiento] >= 36 && 'Extracción_tabla 0050'[Tiempo  
alistamiento] <= 50, "PROBABILIDAD QUE UNA CUBETA SE ALISTE ENTRE 36 A 50  
MIN",
```

```
"PROBABILIDAD QUE UNA CUBETA SE ALISTE CON TIEMPO MAYOR A 50 MIN"
```

```
)
```

Apéndice I

Cuadro de Cumplimiento de Etapas y Actividades

Etapa	Actividad	Resultado
Etapa 1: Revisión literario y delimitación de la problemática	Actividad 1. Revisión de la literatura existente sobre técnica de optimización de almacenamiento	1.Marco conceptual
	Actividad 2. Identificación de casos relevantes y best practice de aplicaciones de soluciones en optimización de almacenamiento	1.Estado del arte
	Actividad 3. Recopilación de información mediante entrevistas semiestructuradas con operarios expertos y lideres del proceso logístico.	1. Diagnóstico inicial
Etapa 2: Análisis de patrones de alistamiento de pedidos.	Actividad 4. Observación directa del proceso de alistamiento de pedidos y diagramación de los procesos actuales	1. Identificación y análisis del proceso actual 2. Análisis de pedidos 3. Caracterización del proceso
	Actividad 5. Análisis de causa mediante diagramas de espina de pescado, árbol de problemas y diagramas de flujo.	1. Diagrama de espina de pescado 2. Árbol de problemas
	Actividad 6. Aplicación del análisis ABC para clasificar los Sku´s de acuerdo con la rotación en unidades y cantidad de visitas a la ubicación del producto.	1. Categorización del inventario y slotting
Etapa 3: Diseño de los componentes del sistema de almacenamiento optimo de inventarios.	Actividad 7. Implementación de técnicas de Slotting ABC y slotting por correlación de Sku´s para reorganizar el Layout de almacenamiento.	2. Rotación de inventarios ABC 3. Slotting por correlación de Sku's

Etapa	Actividad	Resultado
Etapa 4: Comprobación de los resultados	Actividad 8. Esquematización del modelo de almacenamiento, diseño del nuevo Layout y flujos de trabajo en función del método propuesto.	
	Actividad 9. Implementación del modelo propuesto en un área de trabajo asignada y en un ambiente controlado.	1. Verificación de resultados
	Actividad 10. Comparación de los tiempos de alistamiento de pedidos antes y después la implementación del nuevo modelo mediante una prueba paramétrica o no paramétrica (depende del comportamiento de los datos)	1. Validación de cumplimiento de resultados esperados 2. Comprobación de la disminución de tiempos de alistamiento 3. Comprobación del aumento en la capacidad instalada de alistamiento de pedidos
	Actividad 11. Evaluación de las hipótesis planteadas	1. Análisis estadístico