



Diseño de un proceso de slotting en un centro de distribución automático para reducir movimientos de la operación en la zona de picking.

Faber Esteban Arcila Galvis

Ingeniero Industrial

Semestre de Industria

Asesor

Juan Camilo Sánchez Gil

Doctor of Philosophy - PhD Disaster Science and Management

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Industrial

Medellín, Antioquia, Colombia

2025

Cita	(Arcila Galvis, 2025)
Referencia	Arcila, E. (2025). Diseño de un proceso de slotting en un centro de distribución automático para reducir movimientos de la operación en la zona de picking. [Informe de práctica]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

Resumen	7
Abstract	8
1. Introducción	9
2. Objetivos	11
2.1 Objetivo general	11
2.2 Objetivos específicos.....	11
3. Marco teórico	12
4. Metodología	16
5. Análisis de resultados.....	19
5.1 Perfilación de materiales por rotación y popularidad.....	19
5.2 Metodología diaria para realizar slotting a pedidos específicos	20
5.3 Metodología semanal para actualizar el slotting	21
5.4 Comparativos del proceso anterior vs. Implementación de perfilación y slotting.....	22
5.5 Presentación de las metodologías al equipo.....	27
6. Conclusiones y recomendaciones.....	28
Referencias	29

Lista de tablas

Tabla 1.....	19
Tabla 2.....	23
Tabla 3.....	24
Tabla 4.....	25
Tabla 5.....	26

Lista de figuras

Figura 1	9
Figura 2	16
Figura 3	22
Figura 4	26

Siglas, acrónimos y abreviaturas

APA	American Psychological Association
PhD	Philosophiae Doctor
UdeA	Universidad de Antioquia
IDC	International Distribution Center
CEDI	Centro de distribución
UT	Unidad de transporte
ERP	Enterprise Resource Planning
WMS	Warehouse Management System
VLC	Vertical Lift Conveyor

Resumen

Este proyecto busca optimizar el proceso de organización de productos en un Centro de Distribución (CEDI) automático de la compañía Essity, mejorando la eficiencia en el picking y reduciendo movimientos innecesarios. Para ello, se propone asignar los productos a ubicaciones dentro del centro según su frecuencia de venta y movimiento, implementando herramientas automáticas para agilizar el flujo de trabajo.

Se combinaron enfoques cualitativos y cuantitativos. Se entrevistó a los trabajadores y se observó cómo realizaban sus actividades para así identificar áreas de mejora. Además, se utilizaron herramientas como el ERP SAP y la programación en Python, lo que permitió realizar una clasificación y asignación de productos de forma rápida y precisa, actualizando las ubicaciones en pocos minutos en lugar de horas.

Los resultados fueron satisfactorios debido a que la automatización redujo significativamente el tiempo de procesamiento de información y, con el nuevo sistema de asignación adaptado a las necesidades del CEDI, se logró reducir los tiempos de revisión de inventarios en más del 90%. Esto no solo agilizó el trabajo, sino que también aumentó la productividad.

De manera general, el proyecto logró hacer el proceso de picking más eficiente, reducir movimientos innecesarios y mejorar la organización en el almacén. Como resultado, el CEDI se volvió más rápido, flexible y capaz de adaptarse mejor a las necesidades cambiantes.

Palabras clave: Slotting, IDC, CEDI, picking, optimización de procesos, automatización, reducción de movimientos.

Abstract

This project seeks to optimize the product organization process in an automated Distribution Center (CEDI) of the Essity company, improving picking efficiency and reducing unnecessary movements. To do this, it is proposed to assign the products to locations within the center according to their sales and movement frequency, implementing automatic tools to streamline the workflow.

Qualitative and quantitative approaches were combined. Workers were interviewed and their activities were observed in order to identify areas for improvement. In addition, tools such as SAP ERP and Python programming were used, which allowed for quick and accurate classification and assignment of products, updating locations in a few minutes instead of hours.

The results were satisfactory because automation significantly reduced information processing time and, with the new assignment system adapted to the needs of the CEDI, inventory review times were reduced by more than 90%. This not only streamlined the work but also increased productivity.

Overall, the project succeeded in making the picking process more efficient, reducing unnecessary movements and improving warehouse organization. As a result, CEDI became faster, more flexible and better able to adapt to changing needs.

Keywords: Slotting, IDC, CEDI, picking, process optimization, automation, movement reduction.

1. Introducción

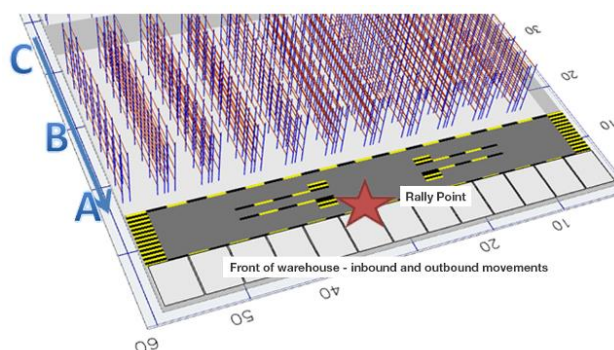
El centro de distribución automático de Essity es un proyecto innovador en la industria colombiana, destacándose como una bodega completamente automatizada en su proceso de almacenamiento. Cuenta con 37 mil posiciones para almacenamiento de pallets, estanterías de 11 niveles y transelevadores automatizados que permiten la recolección y almacenamiento eficiente de los materiales. Esta infraestructura avanzada convierte al CEDI en un referente de modernización logística en el país, donde la correcta integración de tecnología y procesos es esencial para garantizar la eficiencia operativa.

En este contexto, una de las actividades más críticas en el funcionamiento del centro de distribución es el proceso de picking, que consiste en la recolección de productos para satisfacer los pedidos de los clientes. A pesar de la automatización presente en el CEDI, se han identificado desafíos relacionados con la cantidad de movimientos innecesarios de los operarios y la asignación ineficiente de posiciones de almacenamiento. Estos problemas no solo incrementan los tiempos de operación, sino que también afectan los costos y la productividad de la compañía.

Por esta razón, el presente trabajo tiene como objetivo principal diseñar el proceso de slotting para optimizar la operación de picking y reducir los movimientos innecesarios. El slotting es un proceso fundamental en la gestión de almacenes, ya que consiste en asignar estratégicamente las posiciones de los materiales según diferentes criterios como rotación (cantidad de unidades despachadas), popularidad (cantidad de visitas al lugar de almacenamiento) o demanda.

Figura 1

Ejemplo del slotting y clasificación ABC en un CEDI



Nota. fuente <https://www.logisticsbureau.com/what-is-slotting/> (O'Byrne, 2024)

Como se muestra en la **figura 1**, la clasificación de los materiales o productos por medio de la metodología ABC permite realizar la distribución de los mismos de manera que los más populares o los que más rotan estén mucho más cerca de la zona de despachos para disminuir los movimientos o desplazamientos innecesarios. Una correcta implementación del slotting permite reducir los tiempos de recolección, mejorar la organización del inventario y aprovechar eficientemente los recursos disponibles.

Para alcanzar este objetivo, se desarrolló un estudio utilizando un enfoque mixto que combina técnicas cualitativas y cuantitativas. Inicialmente, se realizó una perfilación de materiales con base en su rotación y popularidad, utilizando herramientas tecnológicas como el ERP de SAP y Python para automatizar el proceso. Posteriormente, se diseñaron metodologías diarias y semanales para actualizar el slotting de manera dinámica, alineando el flujo de trabajo con las capacidades automatizadas del CEDI.

De esta manera, el presente trabajo no solo propone una solución integral para mejorar el proceso de picking, sino que también establece un modelo de mejora continua basado en el análisis constante de datos operativos. La implementación de esta metodología contribuirá a reducir los movimientos innecesarios, mejorar la productividad de los operarios y maximizar el rendimiento de la infraestructura automatizada del centro de distribución, consolidando su posición como líder en innovación logística en Colombia.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Diseñar el proceso de slotting en un centro de distribución automático para disminuir los movimientos en la operación de picking.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar la perfilación de los materiales por rotación y popularidad (movimientos de bodega).
- Elaborar una metodología diaria para realizar slotting a los pedidos que tienen proceso de picking.
- Diseñar una metodología semanal para actualizar el slotting.

3. Marco teórico

Procesos de Picking y Slotting en los Centros de Distribución

El picking, o proceso de preparación de pedidos, es una de las actividades más cruciales dentro de la gestión de almacenes. Este proceso afecta directamente los tiempos de procesamiento de los pedidos, y por lo tanto, los costos operativos. Según (López, 2018), un proceso de picking eficiente no solo depende de la destreza de los operarios, sino también de la organización adecuada del espacio dentro del almacén. En este sentido, la asignación correcta de las ubicaciones de los productos, también conocida como slotting, juega un papel fundamental en la organización del almacén. Para mejorar estos procesos, muchas empresas recurren a tecnologías avanzadas como los Sistemas de Gestión de Almacenes (WMS), que permiten una gestión más precisa y optimizada de las operaciones logísticas.

El WMS es una herramienta tecnológica clave para la modernización de los procesos logísticos dentro de los almacenes. Según (Chopra, 2016), un WMS es un software diseñado para gestionar y optimizar las operaciones de almacenamiento, distribución y movimiento de mercancías dentro de un almacén. Su propósito es asegurar la correcta administración de los inventarios, el control de las existencias, la mejora de los flujos de trabajo, y la optimización del uso del espacio y los recursos, utilizando tecnologías como códigos de barras y RFID. A través de su implementación, los WMS permiten automatizar diversas funciones dentro del almacén, tales como la gestión de inventarios, la preparación de pedidos y, especialmente, la optimización de las rutas de picking y el slotting. Al realizar un seguimiento en tiempo real del inventario, estos sistemas reducen los errores humanos, mejoran la precisión de las operaciones y contribuyen a una distribución más eficiente de los productos dentro del almacén.

La Importancia del Slotting: Organización Estratégica del Almacén

El slotting se refiere a la asignación estratégica de espacios dentro del almacén para ubicar los productos de manera que se optimice la gestión del espacio disponible. Los productos deben ser ubicados en función de sus características particulares, como la frecuencia con que rotan, su tamaño o la demanda que generan. Un slotting bien diseñado reduce los tiempos de desplazamiento de los operarios y maximiza el uso del espacio (Rushton, 2017). Este tipo de optimización es clave

en este tipo de CEDIS automáticos, donde los procesos deben estar alineados con la tecnología y herramientas empleadas para garantizar un flujo de trabajo eficiente.

Otros autores han explicado también diferentes métodos y tipos de slotting:

- **Slotting Estático:** Las ubicaciones de los productos se asignan de manera fija según su demanda esperada, aunque no se ajustan a las fluctuaciones constantes del mercado. Es más adecuado para entornos con demanda estable, pero limita la flexibilidad.
- **Slotting Dinámico:** Permite ajustes frecuentes según las variaciones de la demanda, mejorando la eficiencia al ubicar productos de alta rotación en zonas de fácil acceso. Este enfoque se adapta a cambios rápidos en la demanda, como los que ocurren en un almacén automatizado.
- **Clasificación ABC:** Organiza los productos en tres categorías (A, B y C) según su rotación. Los productos A (alta rotación) se ubican cerca de las zonas de picking, mientras que los productos B y C se colocan en áreas más alejadas. Esto optimiza los tiempos de recolección al priorizar los productos más demandados.
- **Slotting por Agrupamiento de Productos (Cluster Slotting):** Agrupa productos que suelen ser solicitados juntos, reduciendo los desplazamientos y mejorando la eficiencia al permitir que los operarios recojan varios productos en un solo viaje.
- **Slotting Predictivo:** Utiliza análisis de datos y algoritmos predictivos para anticipar los cambios en la demanda y ajustar las ubicaciones de los productos en tiempo real, lo que mejora la adaptabilidad y eficiencia en almacenes automatizados. (Duque, 2020).

La integración de estos métodos es fundamental para mejorar el flujo en la preparación de pedidos, ya que permite una organización flexible que se adapta a los cambios en la demanda.

La Asignación Correcta de Posiciones de Picking

Asignar correctamente las ubicaciones de los productos no es una tarea sencilla. Aquí es donde entra en juego la clasificación ABC, una metodología ampliamente utilizada para organizar los productos según su demanda o rotación. Esta técnica fue desarrollada por (Hax, 1984), y se basa en el principio de que un pequeño porcentaje de productos de alta rotación (A) genera la mayor parte de las ventas, en este caso movimientos de bodega o visitas, mientras que la mayoría de los

productos tienen una rotación baja (B y C). A través de la clasificación ABC, los productos de alta rotación (tipo A) se colocan en las posiciones más accesibles del almacén, mientras que los productos de baja rotación (tipos B y C) se ubican en áreas menos centrales.

(Kuk, 2016) explica que los productos de tipo A suelen representar solo el 20% de los productos almacenados, pero generan alrededor del 80% de los movimientos de bodega. Por otro lado, los productos B y C ocupan el 80% restante del inventario, pero tienen una demanda significativamente menor. Esta estrategia de clasificación permite priorizar los productos más demandados, lo que reduce considerablemente los tiempos de recolección y mejora la eficiencia general del almacén.

La aplicación de la clasificación ABC se complementa con una estrategia dinámica de slotting que permita reubicar los productos en función de las fluctuaciones de demanda, algo destacado por (Duque, 2020). La correcta organización de los productos es fundamental para mantener la operación eficiente en un entorno automatizado, como el de Orange.

El Análisis Estadístico en la Optimización del Picking

Implementar un sistema eficiente de slotting y picking requiere un análisis constante de los datos operativos. Para ello, el uso de análisis estadísticos resulta crucial, ya que permite monitorear la rotación de los productos y ajustar las ubicaciones de manera periódica. (Bartholdi, 2027) mencionan que el análisis de la frecuencia de demanda y la definición precisa de los puntos de reabastecimiento son factores clave para evitar la escasez de productos en las áreas de picking.

En el caso de esta bodega automática, el sistema de picking se apoya en cortes diarios que permiten determinar qué productos deben ser recolectados y realizar una revisión semanal de las ubicaciones según la metodología ABC. Esta práctica asegura que los productos estén en las posiciones correctas según su demanda, lo que contribuye a reducir los tiempos de espera y mejora la eficiencia en la gestión de inventarios.

El Uso de Python en la Optimización del Proceso de Picking y Slotting

La automatización en los centros de distribución es fundamental para mejorar la eficiencia operativa. En este sentido, el uso de herramientas tecnológicas como Python se ha vuelto indispensable para optimizar los procesos de slotting y picking en la compañía. Python permite

automatizar tareas repetitivas, como la asignación de posiciones de picking y la creación de los tercios de los pallets.

La división de los pallets en tercios, que se corresponde con productos de baja rotación (tipos B y C), facilita la organización y mejora el reabastecimiento, asegurando que siempre haya disponibilidad de productos sin saturar las posiciones de alta rotación. (Jónsson, 2007) afirma que la automatización de tareas mediante tecnologías como Python permite reducir los márgenes de error y aumenta la productividad de los centros de distribución, optimizando el flujo de trabajo y mejorando la capacidad de respuesta.

Optimización Continua: Revisión y Adaptación del Slotting

La optimización del proceso de slotting no es una actividad puntual, sino un proceso continuo que debe adaptarse a las fluctuaciones del mercado y la demanda. Los cambios estacionales, así como otros factores externos, requieren que el slotting sea revisado y ajustado regularmente. La aplicación semanal de la clasificación ABC y el análisis diario de los cortes de picking son fundamentales para mantener el almacén funcionando de manera eficiente.

De este modo, la compañía no solo garantiza que sus operaciones sean más eficientes, sino que también se adapta rápidamente a los cambios del mercado, lo que mejora su competitividad. Como señala (Duque, 2020), la integración de decisiones de slotting, agrupamiento de productos y enrutamiento es esencial para mantener altos niveles de eficiencia, especialmente en un entorno con tecnologías avanzadas y automatización.

4. Metodología

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo mediante un enfoque mixto, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas con el fin de garantizar una solución integral para el diseño del proceso de slotting en el CEDI. En la **figura 2** se muestra un diagrama con los pasos implementados de manera general:

Figura 2

Diseño del slotting en el CEDI automático.



En primer lugar, el enfoque cualitativo se centró en comprender a fondo el contexto operativo del almacén y los factores que impactan la eficiencia del proceso de picking. A través de asesorías, reuniones y observación directa, se identificaron los principales desafíos, necesidades y oportunidades de mejora. La observación directa fue particularmente crucial para analizar el flujo de trabajo, las rutas recorridas por los operarios y los movimientos realizados en la zona de picking. Debido a que la operación funciona de manera continua, las 24 horas del día y los 7 días de la semana, y los responsables de esta están constantemente ocupados, este proceso presentó retos adicionales. La adaptación constante fue necesaria para obtener información precisa sobre los procesos operativos, la señalización y el funcionamiento general del almacén.

Aunque existieron limitaciones de tiempo para interactuar con operarios, coordinadores y analistas logísticos, las asesorías y reuniones ofrecieron valiosos detalles sobre las prácticas

actuales y las particularidades del CEDI. Posteriormente, la observación en el campo reveló ineficiencias en el flujo de trabajo, especialmente en el proceso de creación de tercios de pallet para materiales tipo B y C. Esta práctica consiste en dividir los pallets en tres partes para maximizar la variedad de materiales disponibles y optimizar el uso del espacio en las estanterías.

Para complementar las técnicas cualitativas, se realizó una revisión documental de informes operativos, bases de datos y documentación interna. Esto permitió analizar los flujos de movimiento, los tipos de materiales y los patrones de trabajo. Finalmente, se llevaron a cabo visitas a los puestos de trabajo, donde se conversó con operarios y coordinadores para conocer sus perspectivas sobre las dificultades en el proceso de picking y sus propuestas de mejora en el slotting.

En cuanto al enfoque cuantitativo, este incluyó un análisis de datos, la perfilación de materiales y un análisis descriptivo para validar los hallazgos obtenidos y garantizar que las soluciones propuestas respondieran tanto a las dinámicas operativas como a los indicadores de rendimiento. La perfilación de materiales fue uno de los procesos críticos para el diseño del slotting. Inicialmente, este proceso se realizaba a través de hojas de Excel, lo cual era tedioso y requería mucho tiempo, sin contar con un periodo definido para su ejecución. Además, los datos utilizados provenían de la bodega IDC 2 Girardota, ya que en el almacén automático no se contaba con los maestros de movimientos y popularidad necesarios para realizar una perfilación adecuada; esto generaba movimientos adicionales ya que cuando se va a realizar una tarea de picking y el material no tiene inventario en el área de picking lo que hace es enviar a una de las posiciones dinámicas de la bodega (cabina) para poder realizar la recolección y posteriormente, devolverlo a la zona donde estaba almacenado. Esto genera que el operario deba desplazarse hasta la zona de la cabina que está al lado opuesto de donde se envía el picking realizado (VLC), que son aproximadamente 70 metros, haga la tarea y se desplace al VLC a enviarla, además de que el tiempo que tarda la bodega automática en enviar y llevarse el material de la cabina es de aproximadamente 15-20 minutos mientras que el tiempo que tarda el operario en realizar una tarea que sí tiene inventario disponible en el área de picking es de aproximadamente 3-4 minutos. Para resolver este problema, se implementó una metodología basada en el ERP de Essity, SAP, utilizando diferentes transacciones para obtener los maestros necesarios y los registros de bodega previos, con el fin de

conocer la cantidad de cajas despachadas desde el picking y la frecuencia con la que se solicitaban los materiales.

Una vez obtenidos los datos correspondientes, se optó por automatizar el proceso de perfilación utilizando Python, ya que la dinámica del CEDI requiere realizar este perfilamiento de manera frecuente (al menos tres o cuatro veces al mes) para evitar desabastecimientos, mejorar la productividad de los operarios y reducir los movimientos durante el picking. De este modo, se realizó la perfilación según el número de cajas despachadas para determinar cuántos palets o tercios de palets se necesitaban de cada material para satisfacer la demanda, y según las visitas para definir la categoría de popularidad de cada material. Además, se decidió revisar el inventario de cada material perfilado para evitar matricular en picking aquellos productos de temporada, en promoción o que estuvieran cerca de agotarse.

Finalmente, el proceso de slotting también fue automatizado con Python, tomando como insumo principal la perfilación de los materiales. Con esta información, se desarrolló una metodología diaria para revisar el inventario en picking y slotting de pedidos específicos, y una metodología semanal para actualizar el slotting de toda el área de picking en general. Esto contribuye a reducir los movimientos innecesarios y evitar el desabastecimiento en las posiciones.

Gracias a los nuevos maestros de materiales, la metodología de perfilación mejorada y el proceso de slotting optimizado, se pudo realizar un análisis descriptivo detallado del proceso de picking en el CEDI. Esto permitió generar nuevas propuestas y alternativas, además de establecer un enfoque de mejora continua con el objetivo de mantener el proceso actualizado y alineado con las nuevas metodologías implementadas.

De esta manera, la combinación de ambos enfoques cualitativo y cuantitativo permitió abordar el diseño del slotting desde diferentes perspectivas, asegurando una solución que no solo cumpliera con las necesidades operativas del almacén, sino que estuviera respaldada por datos precisos y relevantes.

5. Análisis de resultados

A continuación, se presenta el análisis de los resultados del proyecto y cómo mejoró el flujo de trabajo tanto en el área de picking como en la operación en general.

5.1 Perfilación de materiales por rotación y popularidad

Luego de identificar el flujo del proceso de picking y las actividades asociadas al mismo, se realizó la perfilación de los materiales de acuerdo con los datos extraídos desde SAP donde se encontró que la metodología que se tenía para realizar el ABC en el CEDI estaba generando movimientos adicionales a los operarios debido a la incorrecta clasificación de los materiales puesto que el maestro de movimientos correspondía al IDC Girardota con dinámicas, layout y demanda diferente a la de Orange. Ahora bien, en cuanto a la consecución de la perfilación, el proceso estaba tomando alrededor de 1.5-2 horas a causa de la cantidad de cálculos manuales que se debían realizar.

Con el nuevo proceso de perfilación el proceso puede hacerse en aproximadamente 5-10 minutos debido a la automatización de este; esto con respecto al tiempo en que se actualiza únicamente. Cuando se analizan los resultados de la implementación como tal, teniendo en cuenta los datos de rotación y popularidad contruidos con datos reales desde los recogidos de bodega, se pudo notar un flujo de trabajo mucho mayor cuando fue utilizada como insumo principal para realizar el slotting.

El resultado de la perfilación se mostró con 409 materiales, los cuáles se perfilaron de la siguiente manera:

Tabla 1

Resultado perfilación ABC.

Categoría	Cuenta de ABC	Suma de Pallets picking percentil 95
A	65	166
B	95	125
C	249	183
Total general	409	474

Como se puede observar en la **Tabla 1**, todos los materiales han sido perfilados, lo que asegura que el posterior proceso de slotting no dejará ninguna posición o inventario sin asignar en

el área de picking, garantizando así el abastecimiento. Además, se ha observado que solo el 15% de los materiales corresponden al tipo A, pero estos representan 166 palets que deben ser abastecidos en el picking, lo que implica la necesidad de 166 posiciones para su asignación. En cuanto a los materiales tipo B, se requieren 125 posiciones, las cuales, en su mayoría, corresponden a tercios de palet. Por último, para los materiales tipo C, se necesitan 183 posiciones, siguiendo el mismo criterio de utilizar tercios de palet en su mayoría. En resumen, la cantidad total de palets y tercios de palets necesarios para abastecer la zona de picking durante la primera semana es de 474.

5.2 Metodología diaria para realizar slotting a pedidos específicos

Desde SynQ, que es el WMS del almacén automático, se pueden descargar diferentes maestros de inventarios. Sin embargo, por la curva de aprendizaje en la que se encontraba todo el personal en cuanto al uso de las herramientas no era adecuado tomar decisiones aún por medio de estas.

En este resultado se comienzan a identificar las mejoras que trae el slotting al flujo de trabajo y al proceso de picking de la bodega donde se tenía inicialmente un proceso tedioso para hacer revisión de inventario y matrícula de los materiales de picking para pedidos de bodega muy específicos; el proceso tenía como insumo los siguientes archivos:

- **Load_Unit:** Unidades de carga descargado desde SynQ.
- **Locations:** Materiales con posición de picking matriculada descargado desde SynQ.
- **Layout:** Layout en planta creado en hojas de Excel.
- **Base ABC:** Archivo con la perfilación de los materiales.
- **Template pick slot:** Archivo tipo CSV con la posición y material que se va a subir a SynQ para realizar la matrícula.

Anteriormente para hacer la revisión de una sola guía se requerían alrededor de 35-40 minutos por lo que el proceso era sumamente ineficiente si se tenía un gran volumen de pedidos que necesitaban revisión urgente de existencia en inventario de picking. Luego de realizar el proceso de automatización en Python lo único que se debe hacer es actualizar el archivo de ABC o perfilación de materiales y descargar los maestros de SynQ. El código está dividido en diferentes consultas que puede hacer el usuario como: inventario en picking, inventario y posición matriculada en picking, ubicaciones disponibles para matricular y asignación de posiciones

disponibles, sin tener que descargar o modificar archivos adicionales; el propio entorno le pide al usuario el listado de materiales que quiere revisar, le pregunta si quiere ver los resultados en la consola o en un archivo de Excel y así completar el archivo CSV para realizar la matrícula en SynQ. De esta manera el proceso ahora puede ser masivo y revisar una sola guía en menos de 2 o 3 minutos por lo que el tiempo se reduce en más del 90%.

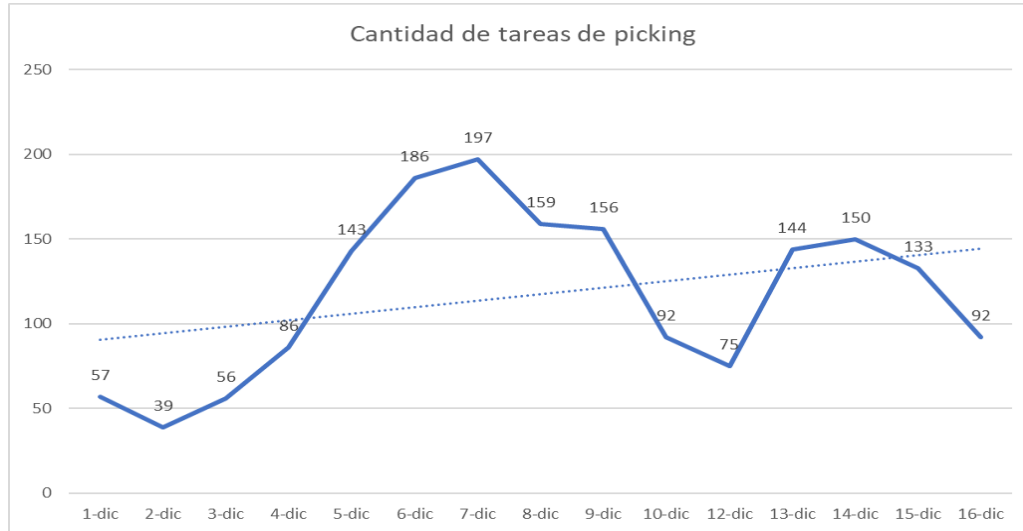
5.3 Metodología semanal para actualizar el slotting.

En cuanto a la metodología que se implementó para realizar el slotting se utilizó la de slotting dinámico en conjunto con la perfilación ABC que según (Duque, 2020) consiste en realizar ajustes frecuentes según las variaciones de la demanda, mejorando la eficiencia al ubicar los materiales de más alta rotación en zonas de fácil acceso. Este enfoque se adapta a cambios rápidos en la demanda, como los que ocurren en un almacén automatizado, por lo que permite integrar la clasificación ABC dentro del mismo. Sabiendo esto, se realiza el análisis del último resultado que es la metodología para actualizar el slotting semanalmente y así revisar indicadores y mejoras que tuvo el proceso luego de implementarlo.

Inicialmente no se estaba realizando picking debido a la curva de aprendizaje que debía tener el personal para comprender la dinámica de la bodega automática, el software que la compone y los nuevos procesos que se tenían, por lo que los únicos procesos en picking se componían de traslados de DRP muy puntuales, clientes pequeños y pilotos para comprender su funcionamiento, los cuales no sobrepasaban las 10 tareas de picking. En las últimas semanas se ha venido presentando un aumento de las tareas que se realizan a diario en el picking tal como se muestra en la **Figura 3**.

Figura 3

Gráfico de líneas tareas de picking.



Como se observa en la **figura 2**, luego de la perfilación y la implementación de las metodologías de slotting semanalmente, se ha venido teniendo una tendencia creciente en las tareas de picking donde actualmente se hacen entre 100 y 200 diarias, exceptuando los días 10 y 12 de diciembre donde por fallas eléctricas externas al CEDI se paró el sistema por más de 8 horas y el 11 de diciembre donde se paró completamente por fallas del servidor de origen. De esta manera se puede evidenciar que la productividad en cuanto a despachos de picking tuvo un aumento y se ha sabido mantener en tiempo récord.

5.4 Comparativos del proceso anterior vs. Implementación de perfilación y slotting.

Luego de implementar la perfilación y el slotting se realizaron diferentes pruebas para comprobar el ahorro en términos de tiempo y desplazamiento dentro del proceso de picking. De esta manera, la primera prueba consistió en tomar un pedido de bodega con recogidos de picking, el cual constaba de 8 materiales distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 2

Pedido de picking antes de perfilación y slotting.

Antes de perfilación y slotting				
Referencia	Cajas x palet	Cant. Pedido	ABC	Palets necesarios picking
73553	45	34	A	1
201261	72	56	C	0.33
202319	120	32	Sin Cat.	0
32640	90	79	Sin Cat.	0
60425	40	11	Sin Cat.	0
202431	120	17	Sin Cat.	0
130132	160	6	B	0.33
130135	144	25	Sin Cat.	0

Un pedido de bodega generalmente incluye diversas columnas, pero como se muestra en la **Tabla 2**, en esta ocasión el pedido consistió únicamente de 5 columnas, lo que permitió realizar la prueba de manera más sencilla. Las columnas incluidas son: la referencia o material del pedido, la cantidad de cajas por palet completo, la cantidad solicitada en el pedido, la categoría según la perfilación y los palets estimados para asegurar el abastecimiento adecuado de la zona de picking con dicho material. Es importante señalar que las cantidades solicitadas son inferiores al estándar de cajas que contiene un palet de cada material. Además, cada material cuenta con una categoría ABC inicial, que fue asignada según el proceso y criterio previos. Como resultado, se puede observar que solo 3 de los 8 materiales tienen una categorización definida, lo que implica que sólo estos tres cuentan con inventario en la zona de picking del almacén. En cuanto al indicador de palets necesarios para mantener abastecido el picking, el criterio utilizado era el siguiente: para los materiales tipo A se almacena un palet completo, para los tipos B y C se almacena un tercio de palet (0.33), y para aquellos materiales que no están dentro de la perfilación o la categoría ABC, no se abastece en la zona de picking, sino que se recogen desde las cabinas dinámicas destinadas a materiales de baja rotación.

Tabla 3

Pedido de picking después de perfilación y slotting.

Después de perfilación y slotting				
Referencia	Cajas x palet	Cant. Pedido	ABC	Palets necesarios picking
73553	45	34	A	3
201261	72	56	A	2
202319	120	32	A	2
32640	90	79	A	1
60425	40	11	B	1
202431	120	17	B	0.33
130132	160	6	C	0.33
130135	144	25	C	0.33

Como se puede ver en la **Tabla 3**, la prueba se realizó con el mismo pedido de bodega después de haber completado la perfilación de materiales y el slotting dentro del almacén. Este proceso mostró que todos los materiales fueron correctamente categorizados y, por lo tanto, debían ser abastecidos en la zona de picking. Además, se evidenció que el criterio previamente utilizado para calcular el número de palets necesarios para mantener abastecido el picking era incorrecto. Al tener en cuenta factores como la cantidad de cajas solicitadas y la frecuencia de visitas a las posiciones de almacenamiento, se logró calcular un nuevo estándar mínimo que evitaría desabastecimientos y la necesidad de recoger los materiales desde las cabinas de baja rotación. Como resultado, algunos materiales que originalmente eran clasificados como tipo C fueron recategorizados como tipo A, lo que implicó que se requería más de un palet para cubrir la demanda, especialmente en el caso de los tres primeros materiales. Además, se observó que incluso algunos materiales tipo B podrían necesitar más de un tercio de palet para satisfacer la demanda sin tener que recurrir a las posiciones dinámicas. No obstante, el objetivo principal del slotting y la perfilación sigue siendo optimizar el tiempo y los desplazamientos durante el proceso de picking.

Los resultados en términos de tiempo se pueden ver reflejados en la siguiente tabla:

Tabla 4

Pedido de picking en términos de tiempo (antes perfilación).

Antes de perfilación y slotting				
Referencia	Cant. Pedido	ABC	Tiempo recogido (min)	Tiempo acumulado
73553	34	A	02:34	02:34
201261	56	C	04:17	06:51
202319	32	Sin Cat.	08:02	14:53
32640	79	Sin Cat.	12:55	27:48
60425	11	Sin Cat.	10:37	38:25
202431	17	Sin Cat.	07:25	45:50
130132	6	B	01:51	47:41
130135	25	Sin Cat.	09:43	57:24
VLC			01:23	58:47

El proceso de recogido de picking fue realizado por un solo operario, y se registraron los tiempos que tardó en recoger cada material, según su disponibilidad. Como se puede observar en la **Tabla 4**, el tiempo de recogido fue considerablemente menor para los materiales con categoría ABC, que contaban con inventario disponible en la zona de picking, en comparación con los materiales sin categoría, que debían ser recogidos desde las cabinas. Esto se debe a que el tiempo necesario para obtener el material desde la bodega automática incluye varios factores: la búsqueda del material por parte del WMS, el desplazamiento hacia la cabina, el proceso de recogido y la liberación del material para iniciar el siguiente ciclo de pedido. Por lo tanto, perfilar y realizar el slotting de los materiales es fundamental para optimizar los tiempos, ya que los recursos de la bodega automática deben centrarse en tareas clave, como despachar palets completos, reabastecer, almacenar y mover los materiales de acuerdo con la dinámica de la operación. Como resultado, el tiempo total de recogida del pedido fue de casi una hora, lo que hace que el proceso de picking sea muy ineficiente, especialmente considerando que la bodega automática es un centro de distribución internacional que debe cumplir con indicadores estrictos para asegurar su funcionamiento eficiente y alineado con los requerimientos de la compañía.

Tabla 5

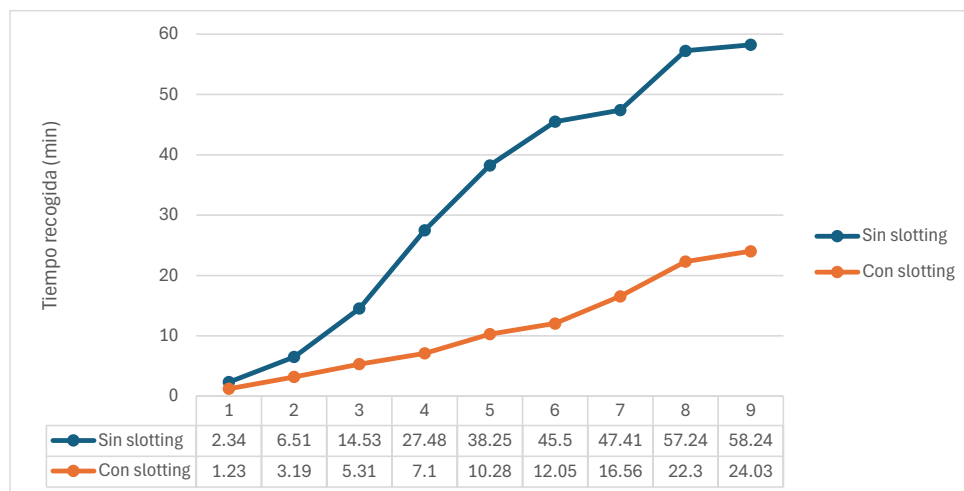
Pedido de picking en términos de tiempo (después perfilación).

Antes de perfilación y slotting				
Referencia	Cant. Pedido	ABC	Tiempo recogido (min)	Tiempo acumulado
73553	34	A	01:23	01:23
201261	56	A	01:56	3:19
202319	32	A	02:12	5:31
32640	79	A	01:39	7:10
60425	11	B	03:18	10:28
202431	17	B	01:37	12:05
130132	6	C	04:51	16:56
130135	25	C	05:34	22:30
VLC			01:33	24:03

Después de realizar el slotting, se recogió nuevamente el mismo pedido de bodega por un solo operario. Como se muestra en la **Tabla 5**, la reducción del tiempo fue de casi un 60% (58.9%), logrando un tiempo total de solo 24 minutos para completar el proceso de picking. Esto demuestra que la implementación del slotting y la perfilación fue exitosa, tanto para el operario como para la operación en general. Como resultado, el factor tiempo se optimizó, permitiendo realizar más tareas de picking en menos tiempo. Además, los operarios podrán dedicar su tiempo exclusivamente a la tarea de recogido, sin tener que esperar a que los materiales sean entregados desde las cabinas de baja rotación.

Figura 4

Gráfico de líneas tiempo sin slotting vs. Con slotting.



En la **Figura 4** se puede observar que la reducción en el tiempo de recogida del pedido de bodega fue significativa, lo que confirma la hipótesis de que el slotting no solo facilita la correcta organización de los productos en el almacén, sino que también ofrece beneficios claros en términos de reducción de tiempo y aumento de la eficiencia operativa. Además, el gráfico muestra de manera implícita que el slotting contribuye a disminuir la cantidad de desplazamientos que debe realizar el operario, ya que al eliminar la necesidad de visitar las cabinas de materiales de baja rotación, se ahorra una considerable cantidad de metros. Esto es especialmente importante, considerando que las cabinas están ubicadas en la parte más alejada de la bodega en comparación con la distancia al VLC. Finalmente, el slotting permitió que el operario tuviera a su disposición todo el material necesario para completar el pedido de bodega, ubicado lo más cerca posible de la tarea que estaba realizando. Es decir, si el operario está realizando una tarea en una posición específica, el slotting optimiza la ubicación de los materiales de la misma categoría, facilitando que la siguiente tarea se realice en la zona más cercana, sin necesidad de desplazamientos adicionales.

5.5 Presentación de las metodologías al equipo.

Al momento de evaluar la metodología y presentarla a los equipos de ingeniería, logística y operarios se realizó un feedback a cada equipo donde se explicó la metodología anterior de slotting y se comparó con la nueva junto a su componente de automatización en Python.

Se obtuvo una respuesta positiva por parte del equipo de ingeniería ya que se pudo identificar fácilmente el componente teórico y cualitativo que se aplicó a la metodología como: tipos de slotting, de perfilación, gestión de procesos, optimización y automatización. En cuanto al componente cuantitativo los equipos de logística y operativo evidenciaron la disminución significativa de tiempos en el proceso de picking, la disminución de movimientos en bodega y el aumento de la eficiencia en el reabastecimiento de los materiales, además de que los coordinadores del CEDI que eran quienes realizaban la revisión de inventarios y matrículas en las posiciones de picking, pudieron conocer la nueva herramienta para realizar dicha actividad (código en Python), permitiéndoles llevar más orden en el proceso y poder tener un mayor control del mismo. Asimismo, la zona de picking dentro del almacén pudo tener un mayor flujo de trabajo y un aumento significativo en el volumen de pedidos de picking de clientes.

6. Conclusiones y recomendaciones

La implementación del nuevo proceso de slotting en la bodega automática ha tenido un impacto positivo en la operación. Al automatizar la perfilación de materiales y actualizar de manera dinámica las ubicaciones de picking, se ha logrado reducir significativamente el tiempo en la ejecución de tareas y mejorar la eficiencia general del almacén. Esto se traduce en menos movimientos innecesarios y un mayor aprovechamiento del espacio, lo que ha permitido aumentar la productividad y acelerar los tiempos de despacho de pedidos.

El uso de Python para automatizar los procesos ha sido clave, especialmente en la revisión de inventarios, donde el tiempo necesario para realizar las tareas se redujo en más de un 90%. Esto ha hecho que el flujo de trabajo sea mucho más ágil y eficiente, respondiendo mejor a las necesidades del CEDI y los clientes.

Sin embargo, de acuerdo con la dinámica de la empresa se podrían tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- **Actualización recurrente:** mantener la actualización regular de los datos y la clasificación de los productos para que el sistema siga funcionando de manera óptima. Así, la bodega se podrá adaptar a cambios en la demanda sin perder eficiencia.
- **Capacitación Continua:** Es importante que el personal operativo y de logística continúe siendo capacitado sobre las nuevas herramientas. Esto asegurará que todos estén familiarizados con los cambios y puedan sacarles el máximo provecho.
- **Monitoreo de Resultados:** Es clave hacer un seguimiento continuo del impacto de las nuevas metodologías para poder hacer ajustes si es necesario. Esto permitirá al CEDI y a la empresa mejorar constantemente y mantener la operación fluida.
- **Escalabilidad del Sistema:** Dado el éxito de la automatización en el proceso de slotting, sería ideal considerar expandir estas soluciones a otras áreas del CEDI o incluso a otros proyectos de la compañía, para aprovechar los beneficios de la tecnología a gran escala.

Estas recomendaciones son pasos para seguir adelante, asegurando que los avances obtenidos no solo se mantengan, sino que sigan mejorando con el tiempo.

Referencias

- O'Byrne, R. (2024). *Product Slotting in a Warehouse: Complete Guide*. Logistics Bureau.
- Duque, J. C., Cuellar, M., & Cogollo, J. M. (2020). *Slotting y picking: una revisión de metodologías y tendencias*. *Revista de Logística y Distribución*, 15(3), 45-62.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation (6th ed.)*. Pearson Education.
- Van Gils, T., [otros autores]. (2017). Aumentar la eficiencia de la preparación de pedidos mediante la integración de decisiones sobre políticas de almacenamiento, agrupamiento, selección por zonas y enrutamiento. *International Journal of Production Economics*, 193, 123-135.
- López, F., García, S., & Romero, P. (2018). *Gestión de inventarios y distribución de productos en el centro de almacenamiento*. Ediciones Académicas.
- Bartholdi, J. J., & Eisenstein, D. (2017). *Warehouse & Distribution Science*. Georgia Institute of Technology.
- Hax, A. C., & Candea, M. (1984). *Production and Operations Management*. Prentice Hall.
- Kuk, M., Cho, H., & Lee, H. (2016). *Optimization of slotting and picking strategies in warehouse operations*. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 23(2), 180-192.
- Jónsson, P. K., & Mattsson, S. A. (2007). *Logistics and Supply Chain Management*. McGraw-Hill.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2017). *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. Kogan Page.