



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**ZONIFICACIÓN DEL CENTRO DE
DISTRIBUCIÓN DE LA COMPAÑÍA DE
GALLETAS NOEL S.A.S**

Autor
Natalia Ramírez Gómez

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería
Industrial
Medellín, Colombia
2021



ZONIFICACIÓN DEL CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE LA COMPAÑÍA DE
GALLETAS NOEL S.A.S

Natalia Ramírez Gómez

Informe de práctica como requisito para optar al título de:
Ingeniera Industrial

Asesores.

Juan Sebastián Jaén.
PhD Ingeniería de Sistemas

Giovanny Andrés Castaño Castaño
Administrador de empresas

Andrés David Ramírez Cuervo
Ingeniero Industrial

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería Industrial
Medellín, Colombia
2021

ZONIFICACIÓN DEL CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE LA COMPAÑÍA DE GALLETAS NOEL S.A.S¹

Natalia Ramírez Gómez²

Resumen

En la Compañía de Galletas NOEL se evidenciaron dificultades en algunos de los procesos que hacen parte de los procesos misionales del Centro de Distribución (CEDI), siendo el cargue el *cuello de botella* que se ha identificado por todos los colaboradores de la empresa. En este sentido, se indaga por las posibles causas de esta particularidad y se propone un rediseño del almacén. Para el logro de tal objetivo se hizo uso de datos primarios, como las bases de datos de entradas o inventarios, salidas y maestro de materiales y datos recolectados a partir de encuestas para la definición de los criterios utilizados en el análisis estadístico. Estos criterios fueron: popularidad del artículo o clasificación ABC, categorización de peso y volumen, y porcentaje de ocupación, con los que se logra la definición de nueve áreas de almacenamiento que permitirán la disminución de tiempos de preparación de pedidos, alistamiento y cargue de vehículos, gracias a un mejoramiento en la accesibilidad de materiales a los colaboradores implicados en estos procesos.

Introducción

La brecha entre la concepción teórica de un almacén, su diseño y funcionamiento, y el día a día o la evidencia empírica han significado un reto para los centros de distribución en las diferentes compañías sin distinción por su actividad económica (Gu, Goetschalckx y McGinnis, 2007). El CEDI de la Compañía de Galletas NOEL no es ajeno a esta realidad y se hacen evidentes las problemáticas que implican decisiones y soluciones oportunas, importantes y en el corto plazo. Dentro del diseño actual del CEDI de NOEL se ha identificado el proceso de cargue como el más vulnerable, debido a que los pedidos no están organizados adecuadamente en los módulos de predespacho, significando esto reprocesos en la operación del almacén e impactando fuertemente los costos de transacción del CEDI y de la empresa.

En este contexto, surge la necesidad de utilizar métodos estadísticos para identificar cuál es el diseño y la ubicación de materiales más eficiente que permita facilitar el trabajo de los

¹ Este trabajo se realiza en el marco de la materia semestre de industria para optar al título de ingeniera industrial de la Universidad de Antioquia, con la asesoría del profesor Juan Sebastián Jaén como asesor interno y de Giovanni Andrés Castaño y Andrés David Ramírez como asesores externos.

² Estudiante de décimo semestre de ingeniería industrial de la Universidad de Antioquia.

empleados de las empresas *Logypack* y *Recuperar*³. Los primeros se verán beneficiados porque habría una disminución en los tiempos de preparación de pedidos y los segundos, porque tendrán un orden y una carga consolidada para ser llevada a los módulos de predespacho. Bajo este argumento se realizó una encuesta para ambas empresas donde se indagaba por los materiales más pesados y livianos, y por los materiales que se cargaban inicialmente y los que se cargaban al final, abstrayendo el criterio de peso y volumen que clasificara los materiales como densos o no densos, como uno de los elementos importantes a la hora de redefinir la zonificación actual del CEDI.

Adicionalmente, haciendo uso de los indicadores propuestos por la literatura se seleccionó la popularidad del artículo o clasificación ABC y el porcentaje de ocupación como los otros dos criterios que se tendrían en cuenta en la propuesta de zonificación para el CEDI de la NOEL, donde se tuvo en cuenta también que, de los siete niveles de las estanterías, los tres primeros niveles son los más accesibles para los colaboradores. Así, con un total de 796 referencias se propuso la creación de nueve áreas definidas como: A-Denso, B-Denso, C-Denso, A-NoDenso, B-NoDenso, C-NoDenso, Sacos, Flow Rack y CEDI-Viejo o 600.

A propósito de las categorías, los materiales clasificados como A siempre estarán ubicados en los tres primeros niveles de las estanterías, los B estarán en los siguientes dos niveles y los C en los últimos dos niveles. Con respecto a la densidad se propone como criterio de ubicación las filas, donde aproximadamente el 30% de las filas de la estantería selectiva corresponde a los materiales densos y el otro 70% a los no densos. Los sacos, el Flow Rack y el CEDI-Viejo o 600 tienen una ubicación ya preestablecida en el CEDI que no se modificó, porque los materiales que hacen parte de estas áreas tienen restricciones que obligan a que su almacenamiento sea donde ya está configurado.

Lo anterior permite que todos los materiales o referencias al ingresar al CEDI ya tengan preestablecida un área de ubicación, que como se ha mencionado facilitará las actividades y procesos que hacen parte de la operación del almacén, viéndose beneficiados los colaboradores y la compañía en general, por la disminución en los tiempos de almacenamiento, preparación y cargue de pedidos y, por ende, una disminución en los costos de operación del CEDI.

Dentro de las limitaciones que se presentaron para la realización del trabajo se encuentran, la oportunidad y calidad de la información suministrada, pues no existen bases de datos estandarizadas dentro de la compañía, y hay bases de datos con materiales que ya no ingresan al CEDI y se tuvo que hacer una depuración manual de estos materiales, lo que puede dar lugar a pequeños errores de cálculo.

Con este panorama en mente se desarrollan cinco capítulos, a saber: *i)* objetivos general y específicos, *ii)* marco teórico, *iii)* metodología, *iv)* análisis de resultados y *v)* conclusiones.

³ Terceros que soportan los procesos de almacenamiento, preparación y cargue de pedidos en la Compañía de Galletas NOEL.

Capítulos que determinan el alcance del proyecto, la literatura y el campo de estudio donde se inserta, los métodos y herramientas analíticas a utilizar, los hallazgos de la investigación y la discusión de estos hallazgos, respectivamente.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un aplicativo que permita zonificar el centro de distribución de la Compañía de Galletas NOEL S.A.S.

Objetivos Específicos

1. Identificar y caracterizar los criterios que permiten realizar la zonificación en el centro de distribución
2. Medir los criterios seleccionados para la zonificación con datos de la compañía y estimar el conjunto de referencias asociadas a cada zona preestablecida
3. Diseñar un aplicativo que permita identificar las zonas de almacenamiento
4. Implementar la zonificación a partir de los criterios seleccionados por la compañía

Marco Teórico

El diseño y la identificación de herramientas que ayuden a mejorar la operación y el funcionamiento de los CEDI's han concitado el interés de diversos autores y disciplinas, donde a pesar de existir diferentes planteamientos, se evidencian factores comunes para su abordaje. En esta línea, Gu, Goetschalckx y McGinnis (2010) afirman que el diseño de un centro de distribución implica cinco decisiones, a saber: *i*) la determinación de la estructura del almacén, *ii*) el tamaño y dimensionamiento, *iii*) el diseño de los diferentes departamentos, *iv*) la selección de equipos de almacén y *v*) la selección de las estrategias de operaciones. Considerándose la última decisión como determinante para definir la operación del almacén.

Las estrategias de operaciones se proponen en cada uno de los ejes misionales de un CEDI, entre ellos: recepción y envío, almacenamiento y preparación de pedidos. Así, la estrategia desde su diseño se refiere al eje que pretende impactar, pero tiene incidencia en el funcionamiento y la operación del sistema en general, siendo importante reconocer que las estrategias de operaciones tienen una probabilidad de cambio baja en el corto plazo, pues su definición se realiza sobre un escenario de largo plazo y cualquier cambio en esta debe estar precedido de un análisis exhaustivo, que garantice su sostenibilidad en el tiempo (Gu, et al., 2007, 2010).

La evidencia empírica en los CEDI's ha sugerido la existencia de una brecha importante entre la investigación y el diseño teórico de los almacenes, y la práctica y funcionamiento de estos (Gu, Goetschalckx y McGinnis, 2007). Este hallazgo se justifica en la medida en que la operación de los procesos del CEDI puede presentar problemas o fenómenos que requieren inmediatas, que están asociadas a decisiones de corto plazo, dando a entender que independiente de la planeación o investigación que hubo para el diseño y puesta en marcha del CEDI hay necesidades que pueden cambiar la estrategia de operaciones sin dar espacio a análisis previos y cambios en las políticas. En este contexto, es importante mencionar que el mercado y la competencia exigen mejoramiento continuo en el diseño y operación del CEDI, e implementación de nuevas tecnologías buscando encontrar nuevas oportunidades para mejorar la operación del almacén.

De acuerdo con Baker y Canesa (2009) existen numerosos trabajos que abordan el diseño de los CEDI's y que, a pesar de no hablar de la misma cantidad de pasos y herramientas utilizadas en su definición o planeación, presentan un consenso sobre la estructura general de la metodología a seguir, la cual sugiere la importancia de una exhaustiva y mejor planificación del diseño de los centros de distribución. En este contexto, y atendiendo a las necesidades que puedan presentarse en un almacén ya existente, la fase de análisis de datos es una de las más importantes, teniendo en cuenta que permite hacer seguimiento a indicadores y datos del CEDI con métodos estadísticos, y buscar oportunidades de mejora dentro de su estrategia de operaciones (Govindaraj, Blanco, Bodner, Goetschalckx, McGinnis y Sharp, 2000).

En esta línea, Frazelle y Sojo (2002) presentan la perfilación como un método estadístico, que permite un análisis sistémico de las actividades por artículo y por pedido, identificando oportunidades de diseño y planificación de almacenes. De la misma forma, Bartholdi y Hackman (2008) definen el CEDI como un lugar complicado, donde puede generarse una idea no precisa de lo que está sucediendo, para ello proponen la elaboración de perfiles de actividad del almacén, los cuales hacen referencia a la medición cuidadosa y el análisis estadístico de la actividad del almacén, y los precisan como un paso necesario para cualquier proyecto que se realice en un centro de distribución, entendiendo y comprendiendo los pedidos de los clientes que son quienes impulsan el sistema. Teniendo en cuenta las propuestas realizadas por los autores antes referenciados se construye el **Cuadro 1**, el cual relaciona los tipos de perfiles y la clasificación de acuerdo con lo que mencionan Frazelle y Sojo en cada uno de ellos, además de los presentados por Bartholdi y Hackman haciendo uso de la clasificación ya propuesta.

Cuadro 1. Clasificación y tipos de perfiles

Fuente: Elaboración propia con base en Frazelle y Sojo (2002) y Bartholdi y Hackman (2008)

Tipo	Perfiles
Perfil de pedido del cliente	Distribución de la mezcla de pedidos.
	Distribución de líneas por pedido.
	Distribución por líneas y por volumen por pedido.
	Número promedio de envíos recibidos en un día.
	Número promedio de preparadores de pedidos.
	Número promedio de pedidos de clientes enviados en un día.
Perfil por orden de compra	Distribución de la mezcla de pedidos.
	Distribución de líneas por recepción.
	Distribución por líneas y por volumen por recepción.
	Número de líneas de recogida.
	Número promedio de pedidos de clientes en un día.
Perfil por actividad del artículo	Por popularidad.
	Por cubicaje movimiento/volumen.
	Por popularidad/volumen.
	Por pedidos completados.
	Por correlación demanda.
	Por variabilidad demanda.
	Número medio de unidades (piezas, cajas, pallets) por la línea de recogida.
Perfil calendario horario	Por estacionalidad.
	Por actividad diaria.
Perfil de relaciones de actividad	Distribución relación actividad.
Perfil de inventario	Distribución de inventario por categoría de artículos.
	Distribución de inventario por unidad de manejo.
Perfil automatización	Distribución de factores económicos.
Perfil de los SKU	Número medio de skus en el almacén.
	Tasa promedio de introducción de nuevos skus.

La perfilación de operaciones o el perfil de las actividades de almacenamiento es un análisis sistémico de las actividades que se llevan a cabo en un CEDI. De esta forma, con la perfilación de operaciones se pueden reconocer la raíz de los problemas del flujo de información y de los materiales, se pueden señalar las principales oportunidades para hacer mejoras en los procesos, construir una base objetiva sobre la cual se pueda tomar decisiones y reducir costos (Frazelle y Sojo, 2002; Sierra, Estrada, Montoya y Posada, 2020).

De los planteamientos teóricos presentados se puede colegir que las decisiones a nivel estratégico están ligadas al diseño y a la estrategia de operaciones, es decir los métodos que se implementarán y que tendrán un impacto a largo plazo, afectando fuertemente las decisiones tácticas y operativas. Por esto, se debe de hacer un análisis de la operación de los CEDI's, confirmando que las decisiones estén vigentes y que, aunque no se hable de un diseño de un CEDI como tal, se puede evaluar un rediseño del CEDI en operación, qué tan pertinente son esos criterios y políticas que ya se tienen establecidas y cuáles se pueden replantear con el

paso del tiempo. Es ahí en esa revisión donde la *perfilación* permite inspeccionar la estrategia de operaciones.

Por último, dentro de las estrategias para tener en cuenta en un CEDI está la correcta distribución de los productos para aumentar la productividad de la operación, y optimización de tiempos tanto en preparación de pedidos como en el envío de estos. Lo anterior se puede analizar por medio de perfiles que garanticen estas condiciones. Según Arrieta y Posada (2011) para la operación de un CEDI es imprescindible la ubicación estratégica de los materiales, la cual se puede realizar bajo ciertos perfiles, el más mencionado en la literatura es la perfilación de la actividad del artículo, a través del criterio denominado popularidad del artículo o clasificación ABC. La clasificación ABC utiliza el principio de Pareto 80% - 20%, indicando que el 80% de las ventas se realizan con el 20% de los artículos, es decir, el 80% de las salidas que se tuvieron en el CEDI lo representan el 20% de los materiales (Ocampo y Restrepo, 2013). La correcta clasificación ABC, trae consigo la optimización del espacio que hay disponible, reduce los desplazamientos dentro del almacén, reduce los trayectos que se realizan a la hora de realizar la preparación de los pedidos y minimiza los costos de almacenamiento (Viera, 2014).

Metodología

La metodología de investigación que se propone para la realización del trabajo es cuantitativa, donde los principales insumos son las bases de datos de entradas y salidas del CEDI provistas por la compañía de galletas NOEL. En esta línea, también se hace uso de herramientas propias de la investigación cualitativa, con una encuesta y análisis de las políticas ya existentes en la estrategia de operación, y entrevistas con algunos asesores que permitieron llenar los datos de contenido.

Teniendo los objetivos de investigación claros, se definen cuatro fases con sus respectivas actividades propuestas en el **Diagrama 1**, cada fase corresponde a uno de los objetivos específicos planteados en el proyecto.

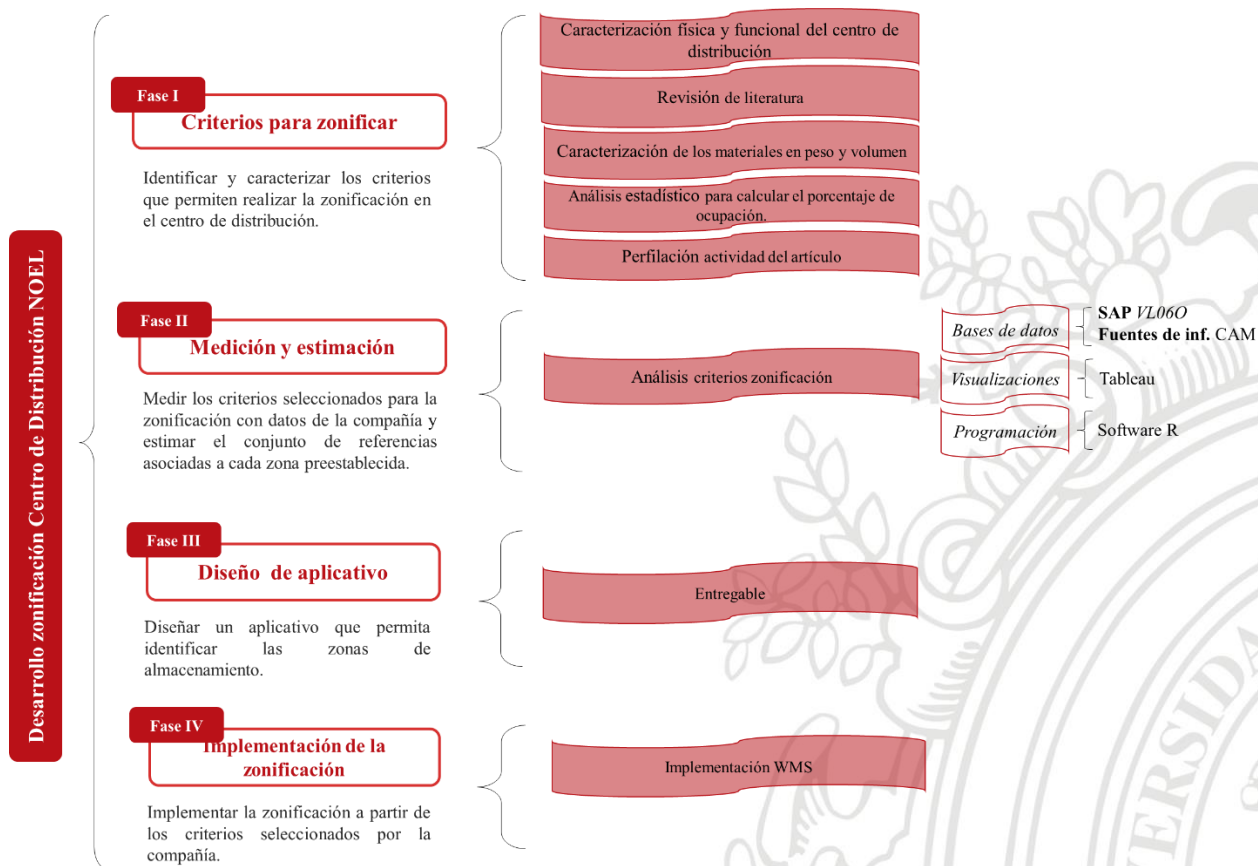


Diagrama 1. Metodología Zonificación CEDI NOEL

Fuente: Elaboración propia.

Fase I: Criterios para zonificar

Para la identificación de los criterios que permiten la zonificación del CEDI de la compañía de galletas NOEL, se realizaron las siguientes actividades:

- *Identificación del problema*

En el **Ilustración 1** se diagrama el funcionamiento del CEDI evidenciándose desde el ingreso de los materiales hasta su envío. Inicialmente los materiales ingresan por unos toboganes desde la planta el producto terminado y se comienzan a armar los pallets según el patrón de arrume de cada una de las referencias. A su vez, por medio de antenas RFID⁴ se leen los pallets y pasan a ser parte del inventario de producto terminado. Posterior a esto, por medio de un estibador manual se llevan los pallets hacia el almacén 810 que es el *almacén de ingreso de materiales al centro de distribución*. Luego hay un flujo de información que permite determinar donde se debe almacenar dicho pallet, de acuerdo con los diferentes modos de almacenamiento.

⁴ RFID o identificación por radiofrecuencia es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos.

El almacenamiento del CEDI de NOEL es aleatorio, es decir, que el sistema de manejo de almacén determina de manera aleatoria la ubicación en la que se almacenará cada pallet de acuerdo con la disponibilidad que se cuente en el momento. El CEDI cuenta con tres modos de almacenamiento: *i) el sistema de almacenamiento a piso (600 o CEDI viejo)*, los materiales que se almacenan allí *tienen* características que no permiten almacenamiento en estanterías normales, *ii) el sistema de almacenamiento convencional (estantería selectiva doble profundidad)* en la cual se almacenan la mayoría de los materiales, con un total de 24 estanterías de 7 niveles y de doble profundidad, con pasillos diseñados para el buen aprovechamiento de altura y superficie de almacenamiento, y *iii) el sistema de almacenamiento dinámico (Flow Rack)*, en el cual se almacenan las referencias que más rotan en el CEDI. Este sistema cuenta con una inclinación que permite el flujo controlado de los pallets facilitando el proceso de despacho. Para identificar cuáles son los materiales que van a ser almacenados los ubican de izquierda a derecha, es decir, al frente del Flow rack.

Al CEDI lo activa la coordinación de planeación y abastecimiento, la cual busca asegurar el abastecimiento oportuno de las diferentes solicitudes de los clientes tanto internos como externos. A través del sistema de información estas solicitudes pasan hacia operaciones que son quienes se encargan de bajar los materiales pedidos por medio de un elevador y para identificar cuáles son los materiales de salida los ubican entre los pasillos, y por medio de un equipo estos materiales son llevados hacia la zona de predespacho. En esta última zona los vehículos para su debido envío. Por su parte, los materiales que van a ser almacenados se ubican de derecha a izquierda, teniendo como punto de referencia el frente de la estantería de doble profundidad.

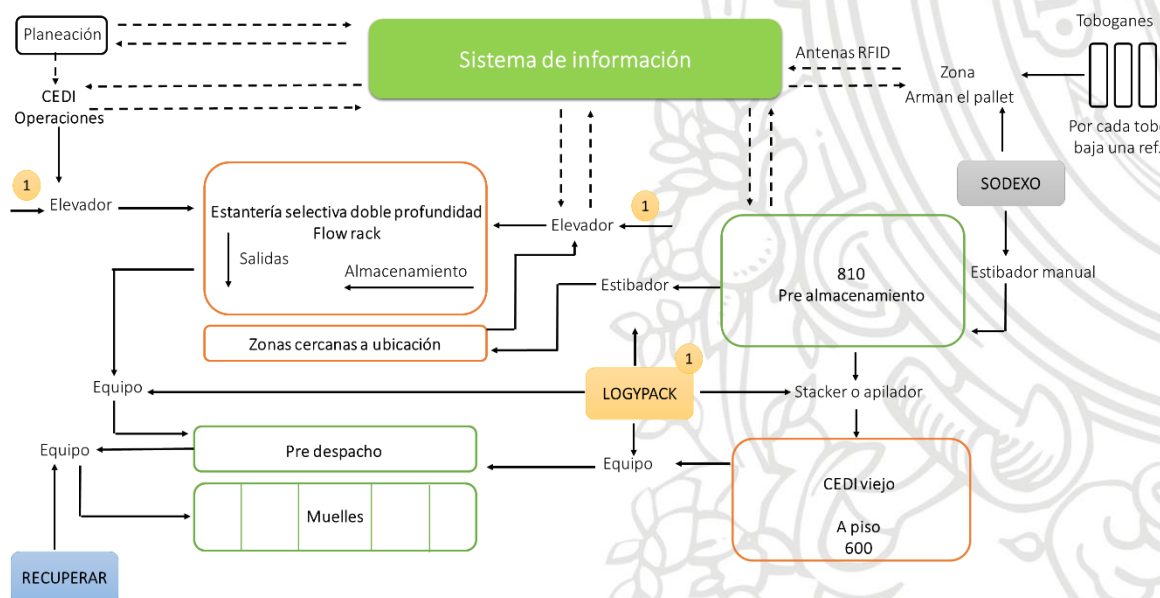


Ilustración 1. Áreas y su articulación para el funcionamiento del CEDI NOEL

Fuente: Elaboración propia.

El proceso de despacho es uno de los más sensibles de la operación en cuanto a costo y tiempo, ya que de él depende la efectividad para cargue y despacho de los productos desde el CEDI. En esta línea, el tiempo de cargue de los vehículos se ve influenciado por la forma en que llegan los materiales a las zonas de predespacho, teniendo en cuenta que los vehículos deben ser cargados inicialmente con los materiales más pesados, facilitando la estabilidad del este. Adicionalmente, el proceso de almacenamiento es uno de los más importantes y decisivo, porque este proceso impacta los procesos posteriores, a saber: realización del despacho, asignación del personal, tiempo que se debe invertir para el despacho de los pedidos y la ubicación de los diferentes materiales en los modos de almacenamiento.

La operación de un CEDI es uno de los procesos que más presionan el gasto de las compañías, aumentando los costos de transacción y en algunas ocasiones restando competitividad a las mismas, en el entendido de que los clientes internos y externos tienen una valoración sobre el producto final, pero no cuantifican ni valoran los esfuerzos que se realizan dentro de los almacenes para cumplir con los plazos y calidad pactada. En este contexto, la eficiencia de la operación logística es fundamental, propendiendo porque esta operación sea al menor costo sin descuidar la calidad, que se refiere a ser impecables en cuanto a despachar las cantidades que son, que los materiales estén en el estado ideal y que se facture realmente lo que se pidió. Ser oportunos, es decir, estar a tiempo y cumplir con los plazos de entrega (*lead time*), trabajar de manera ergonómica y con todos los estándares de seguridad en el trabajo.

Para hacer que los procesos sean a bajo costo sin descuidar la calidad, la seguridad y la oportunidad, se debe buscar ser muy eficientes, identificando los aspectos que influyen en la productividad. Uno de los temas que genera improductividad en la NOEL es el proceso de cargue, en particular cómo está organizada la carga en los módulos de predespacho.

- *Identificación de criterios para zonificar*

- a) *Caracterización peso y volumen*

Como se mencionó anteriormente, la manera en que llegan los materiales a la zona de predespacho influye mucho en el proceso de cargue. Lo ideal es que a esta zona lleguen primero los materiales que son pesados para así facilitar el proceso de cargue. Sin embargo, NOEL no tiene identificadas explícitamente las referencias más pesadas o livianas. La operación, a través de la experiencia hace la caracterización y como no está estandarizado pueden ocurrir reprocesos. Para la identificación de cuáles son los materiales más pesados o livianos se diseñaron y se llevaron a cabo dos encuestas a las empresas que realizan el proceso de almacenamiento y el proceso de cargue (Ver **Anexo 1 y 2**).

b) *Perfilación: actividad del artículo*

En este criterio se realizó el perfil de popularidad, analizando la popularidad de los materiales de enero a septiembre del año 2020, identificando popularidad en salidas, es decir, la cantidad de veces que se pidió esa referencia y la popularidad en volumen analizada en la cantidad de pallets que salieron de esa referencia. Se identificaron los materiales de mayor rotación categorizados como tipo A, materiales de mediana rotación identificados como tipo B y, por último, los materiales de baja rotación definidos como tipo C.

Para su creación, se descargaron las bases de datos mes a mes, por medio de la transacción vía SAP⁵ VL06O y filtrando por el *layout* /PERFILACIÓN, a través de esta se visualizan todos los materiales que salieron del CEDI, es decir, los que fueron pedidos con sus respectivas características. Luego, se depuraron las bases de datos, filtrando por los meses que se indicaron inicialmente en SAP, eliminando los materiales que actualmente se encuentran inactivos y, por último, se realizó un código por medio del software R, que permitió realizar la popularidad de manera automática.

Adicionalmente, por medio de esta base de datos se crearon los perfiles de actividad del artículo en el *software* R, y por medio de una conexión automática con *Tableau* se logran visualizar los perfiles correspondientes a la actividad del artículo:
perfil por popularidad = clasificación ABC, *perfil movimiento volumen = movimiento/volumen* *perfil popularidad volumen movimiento* y *variabilidad de la demanda.*

c) *Porcentaje de ocupación*

Se realizó un análisis estadístico que permite el cálculo del porcentaje de ocupación de cada uno de los materiales que se almacenaron en el centro de distribución de NOEL, en el periodo de tiempo de enero a septiembre del año 2020. Para la creación del porcentaje de ocupación se analizó una base de datos que fue brindada por la empresa, que contiene los materiales que ingresaron al CEDI en el periodo de análisis. A su vez, esta base de datos se trabajó en R y se creó el promedio y la desviación mensual de cada uno de los materiales, lo que permitió crear el porcentaje de ocupación de cada uno de ellos, adicional a esto se cruzó la información de la base de datos de inventarios con la base de datos del maestro de materiales que contiene la información detallada de cada referencia, esta última brindada por el equipo de servicio de Nutresa que brinda reportes de data maestra (CAM).

⁵ Plataforma a través de la cual la empresa gestiona la información y sus recursos. Este software puede abordar cualquier campo, desde el administrativo y financiero hasta el control de stocks; pasando por la base de datos de clientes y proveedores, recursos humanos, etc.

Fase II: Medición y estimación

La medición y la estimación se realizó a través del software estadístico R, con ayuda de herramientas de visualización de *Tableau* que permiten analizar los resultados de una forma más dinámica.

Fase III: Entregable

Se diseñó un aplicativo que permite identificar cuáles son las áreas de almacenamiento, categorizando cada uno de los materiales que rotan en el CEDI de manera automática. Este se hizo por medio de *Visual Basic*, el cual se encarga de filtrar los resultados que se obtuvieron en el *software* R, categorizando cada uno de los materiales en las áreas definidas.

Fase IV: Implementación

La última fase es la configuración de los materiales en cada una de las áreas en el Warehouse Management System⁶ (WMS), lo que permite que los materiales que empiecen a ingresar físicamente al CEDI se ubiquen en el área que le corresponde. Esta configuración se realiza enviando una solicitud al CAM.

Resultados y análisis

A continuación, se describen los resultados que se obtuvieron en cada una de las fases planteadas en la metodología.

Criterios para zonificar

1. Caracterización peso y volumen.

En el CEDI de la NOEL se definió arbitrariamente que lo más pesado iba al principio del camión y lo más liviano al final, debido a que, en el momento de cargar un camión, al poner el peso en la parte de atrás se genera un riesgo, dado el incremento en el rango de movimiento del tráiler, además si el vehículo frena, el peso puede dañar las cajas que están más adelante. La decisión de cómo cargar los vehículos para NOEL es más fácil, ya que es un transporte primario, donde se cargan cuatro clientes como máximo en un camión, a diferencia del transporte secundario donde se le debe dar prioridad al orden de cargue, porque este tipo de transporte posee entre 15 y 20 clientes en un mismo vehículo.

Cuando el vehículo va compartido con varios clientes, la empresa encargada de realizar el cargue (Recuperar) posee un criterio y es que los materiales pesados no los ubican de piso a techo, si no que van nivelando el peso hasta la mitad del camión buscando que este peso no

⁶ Sistema de gestión de almacén, el cual se encarga de administrar las actividades del CEDI de manera integral.

quede represado en un mismo punto. Es por esto, que es importante diferenciar qué es peso y qué es volumen. La empresa Recuperar pidió a la empresa Logypack que es la que se encarga de llevar los materiales a la zona de predespacho, que primero se llevaran los materiales más pesados para que el proceso de cargue fuese más eficiente.

Por su parte, los predespachos se realizan sin un orden establecido, en este sentido en algunos momentos se bajan materiales pesados y luego livianos, y en otros primero los livianos y luego los pesados, debido a que para la operación no es sencillo esperar a que el elevador baje las referencias más pesadas primero y luego las más livianas. Como el almacenamiento es caótico, los materiales se bajan de manera aleatoria. Lo ideal es que se agrupen las referencias que tengan las mismas características de tal manera que los elevadores no tengan que hacer muchos recorridos y el pre despachador tenga su carga más consolidada.

Por lo anterior, se decidieron realizar las encuestas a las empresas Recuperar y Logypack (Ver **Anexos 1 y 2**). La participación de ambas empresas en las encuestas se evidencia en la **Ilustración 2**, donde se obtuvieron un total de 44 respuestas para categoría: cargan primero por parte de Logypack y 233 respuestas por parte de Recuperar, de las cuales 116 respuestas hacen parte de la categoría cargan primero y 117 respuestas a la categoría cargan de último. Para la segunda pregunta se obtuvieron un total de 46 respuestas por parte de la empresa Logypack, de las cuales 20 respuestas se atribuyen a la categoría peso y 26 respuestas a la categoría volumen y por parte de Recuperar se registraron 229 respuestas de las cuales 126 corresponden a la categoría peso y 103 a la categoría volumen.

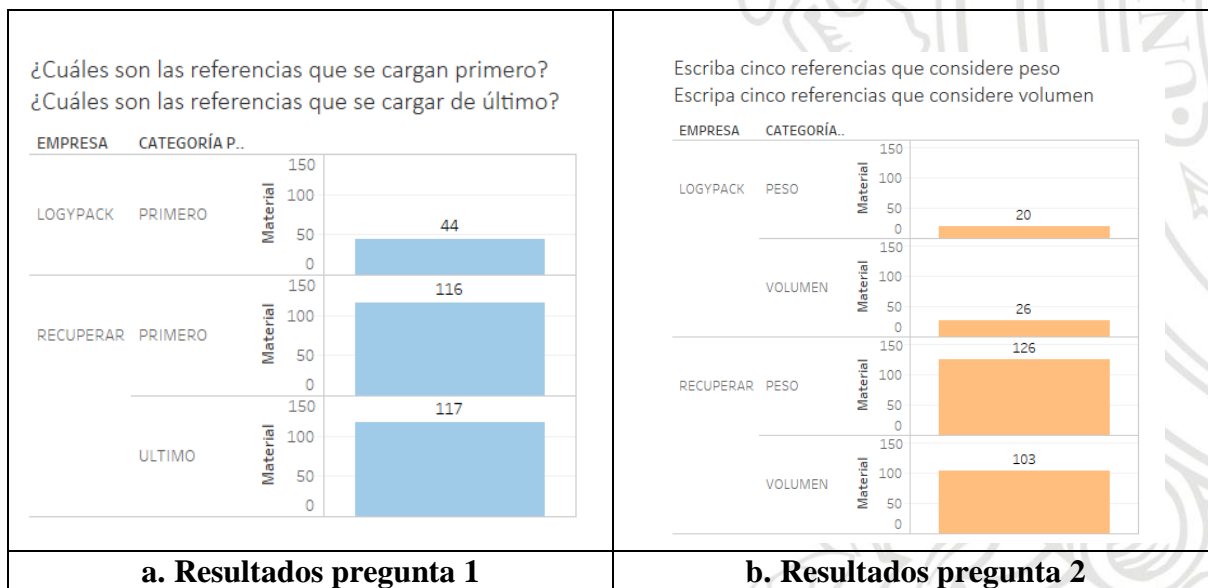


Ilustración 2. Participación empresas

Fuente: Elaboración propia. Tableau Software.

Analizando las respuestas obtenidas por las dos empresas y en varias reuniones con el coordinador de la empresa Logypack, se encontró que para la operación no era importante qué tan pesado es el producto, si no que tan denso es. Por lo anterior se definió analizar los materiales por el criterio densidad $\frac{Kg}{m^3}$. En los **Cuadros 2 y 3** se observan los *tops 15* de los

resultados analizados con el criterio mencionado anteriormente, donde se encontró que los materiales que se cargan de último, es decir los materiales livianos tienen una *densidad* $< 200 \frac{Kg}{m^3}$. Por el contrario, los materiales que se cargan de primero, es decir los materiales más pesados tienen una *densidad* $> 200 \frac{Kg}{m^3}$.

Cuadro 2. Resultado encuestas, materiales livianos. Top 15

Fuente: elaboración propia.

ÚLTIMO -> MENOS DENSO O LIVIANO				
PREGUNTA	EMPRESA	MATERIAL	DENOMINACIÓN	KG/M3
1	RECUPERAR	1031562	Gta Noel Bs Wafer Cubitos Chocolate 120g	86,4750093
1	RECUPERAR	1001538	Gta. MINICHIPS Chocolate Ti. x12	87,9075034
1	RECUPERAR	1001537	Gta. MINICHIPS Chocolate Bs. x12	90,7657976
1	RECUPERAR	1042426	Gta. NAVIDAD NOEL Pl. 200g	106,504102
1	RECUPERAR	1036907	Gta. NAVIDAD Noel Caravana Pl. x 200 g	111,951966
1	RECUPERAR	1017772	Gta. MINICHIPS Pl. x28	123,778822
1	RECUPERAR	1035016	Gta. SALTIN Rojo Tc día x6 Bs MY	135,030564
1	RECUPERAR	1006138	Gta. DUCALES Tc. x1 120g.	143,256817
1	RECUPERAR	1025395	Gta. SALTIN Rojo Tc. x 6 524 g x 24un	153,944939
1	RECUPERAR	1001602	Gta. SALTINNOEL Rojo Tc. x5	154,123576
1	RECUPERAR	1029981	Gta. SALTIN Rojo Tc. Dia 110g NV	155,770951
1	RECUPERAR	1001568	Gta. SALTINNOEL Rojo Tc. x3	156,649177
1	RECUPERAR	1001569	Gta. SALTINNOEL Rojo Tc.x2 200g.	157,22403
1	RECUPERAR	1001526	Gta. DUCALES Tc. x2.	178,799489
1	RECUPERAR	1016256	Gta. DUCALES Tcx3 441g 24uni/cj	182,222095

Cuadro 3. Resultado encuestas, materiales pesados. Top 15

Fuente: elaboración propia.

PRIMERO -> MAS DENSO O PESADO				
PREGUNTA	EMPRESA	MATERIAL	DENOMINACIÓN	KG/M3
1	RECUPERAR	1002475	Harina CORONA x 500 g	560,1657951
1	RECUPERAR	1001585	Gta. NOEL SULTANA Tc. x1	412,0781528
1	RECUPERAR	1011172	Gta. FESTIVAL Surtida Bs. 12x6	336,5154128
1	RECUPERAR	1001513	Gta. FESTIVAL Chocolate Bs. 12x6	334,3286093
1	RECUPERAR	1001512	Gta. FESTIVAL Vainilla Bs. 12x6	334,3286093
1	RECUPERAR	1001510	Gta. FESTIVAL Fresa Bs. 12x6	334,3286093
1	RECUPERAR	1001511	Gta. FESTIVAL Limon Bs. 12x6	334,3286093
1	RECUPERAR	1001528	Gta. NOEL SULTANA Bs. 12x4	315,5462895
1	RECUPERAR	1001514	Gta. RECREO Bs. 12x4	297,9999409
1	LOGYPACK	1039855	Gta. FESTIVAL Recreo Bs. 12x4 432g	295,4539472
1	RECUPERAR	1001571	Gta. FESTIVAL Vainilla Bs. 12x4	286,9251625
1	RECUPERAR	1001573	Gta. FESTIVAL Fresa Bs. 12x4	286,9251625
1	RECUPERAR	1001574	Gta. FESTIVAL Chocolate Bs. 12x4	286,9251625
1	RECUPERAR	1001572	Gta. FESTIVAL Limon Bs. 12x4	286,9251625
1	RECUPERAR	1001572	Gta. FESTIVAL Limon Bs. 12x4	286,9251625
1	LOGYPACK	1001574	Gta. FESTIVAL Chocolate Bs. 12x4	286,9251625

2. *Perfilación actividad del artículo*

La creación de la popularidad del artículo se realizó a través del software estadístico R, el cual permitió identificar los materiales que poseen mayor rotación (A), mediana rotación (B) y baja rotación (C). En el **Cuadro 4** se presenta el resultado de la popularidad en salidas, es decir la cantidad de veces que se pidió ese artículo entre enero y septiembre del año 2020. Se encontró que el 15,4% de los artículos del CEDI representan el 80% de las salidas, el 23,3% de los artículos representan el 15% de las salidas y por último el 61,3% de los artículos representan el 5% de las salidas en el CEDI. En la **Ilustración 3** se puede visualizar el perfil.

Cuadro 4. Resultado popularidad salidas

Fuente: elaboración propia.

Resumen popularidad salidas			
Tipo	Cantidad SKU	Participación SKU	Participación salidas
A	126	15,4%	80%
B	190	23,3%	15%
C	500	61,3%	5%
	816		

POPULARIDAD SALIDAS

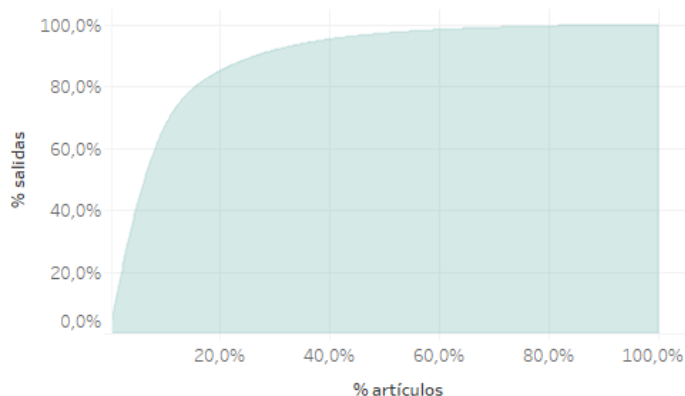


Ilustración 3. Popularidad en las salidas

Fuente: Elaboración propia. Tableau Software.

Se decidió también analizar la popularidad en volumen, es decir la cantidad de pallets que se pidieron para cada uno de los materiales de enero a septiembre del año 2020. Como se puede visualizar en el **Cuadro 5** el 11,6% de los artículos representan el 80% de las salidas en términos de cantidad de pallets, el 22,8% de los artículos representan 15% de las salidas y el 65,6% de los artículos representan el 5% de las salidas de pallets en el CEDI. En la **Ilustración 4** se puede visualizar el perfil.

Cuadro 5. Resultado popularidad volumen.

Fuente: elaboración propia

Resumen popularidad volumen			
Tipo	Cantidad SKU	Participación SKU	Participación salidas
A	95	11,6%	80%
B	186	22,8%	15%
C	535	65,6%	5%
	816		

POPULARIDAD VOLUMEN

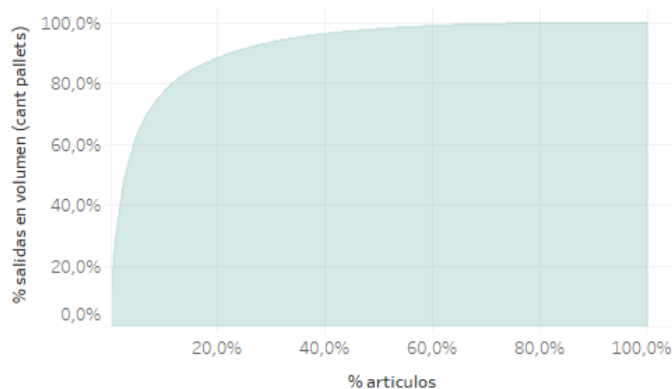


Ilustración 4. Popularidad según volumen.

Fuente: Elaboración propia. Tableau Software

Este perfil de popularidad del artículo tiene un principio importante que es asignar los artículos más populares a los sitios más accesibles dentro del almacén.

Adicionalmente, se crearon visualizaciones de los perfiles de la actividad del artículo con el fin de complementar el análisis anterior. En la **Ilustración 5** se visualiza el perfil volumen movimiento, este perfil indica la cantidad de artículos que cumplen los rangos establecidos de volumen. Estos rangos se definieron de acuerdo con la cantidad de pallets que fueron alistados y despachados de enero a septiembre del año 2020. Por ejemplo, para el 24,88% de los artículos se alistaron entre 100 y 500 pallets. Así mismo, para el 0,86% de los materiales se alistaron aproximadamente 10.000 pallets durante el periodo de análisis. Estos últimos artículos podrían ser candidatos a almacenarse en la estantería dinámica debido a que son los que mayor cantidad de pallets mueven en el CEDI. El principio de este perfil es asignar a los artículos los modos de almacenamiento con base a su volumen movimiento.

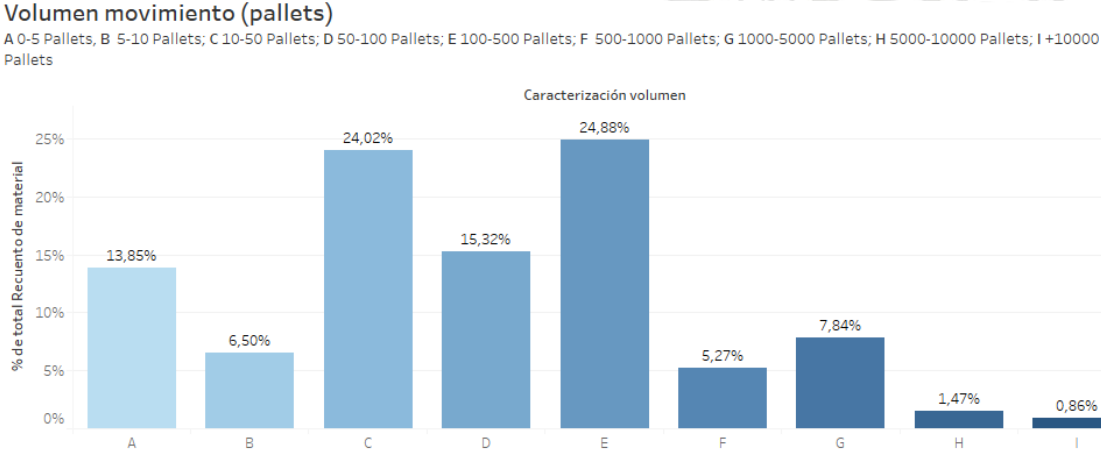


Ilustración 5. Perfil volumen movimiento.
Fuente: Elaboración propia. Tableau Software

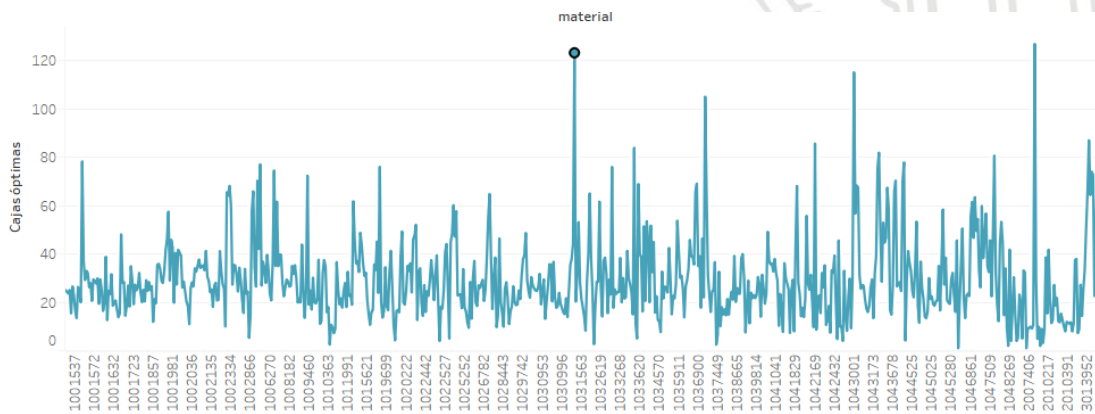
En la **ilustración 6** se visualiza el perfil popularidad volumen y movimiento, el cual es la agrupación del perfil de popularidad del artículo y el perfil de volumen movimiento. Según los modos de almacenamiento que se utilizan en NOEL, los artículos que tienen mayor rotación o popularidad y mayor volumen movimiento son candidatos para ser ubicados en la estantería dinámica *Flow Rack* y la estantería a piso *600*. También, como hay mayor capacidad en la estantería selectiva, en esta se podrían también ubicar todos los tipos de popularidad, teniendo en cuenta que los artículos más populares se asignen en zonas más accesibles.



Ilustración 6. Perfil popularidad volumen movimiento

Fuente: Elaboración propia.

Y, por último, en la **Ilustración 7** se presenta la distribución por variabilidad en la demanda, este perfil indica la desviación estándar de la demanda diaria de cada artículo en términos de cajas sueltas, el promedio de cajas sueltas diarias y las cajas óptimas que debe de tener cada artículo en la zona de *picking* con el fin de asegurar no necesitar reabastecer los sitios durante el día. Por ejemplo, para el material Gta. Mini chips PL x36 con un 95% de confianza se puede asegurar que las cajas óptimas que se deben de tener en la zona de *picking* para asegurar cumplir con la demanda diaria sería de 123 cajas.



Descripción material

Denominación	68,60	33,18	123,3
Gta Minichips PL x36			
	0 20 40 60 80	0 10 20 30 40	0 50 100 150
	Prom cajas sueltas	Desv cajas sueltas	Cajas óptimas

Ilustración 7. Perfil popularidad volumen movimiento

Fuente: Elaboración propia. Tableau Software

3. Porcentaje de ocupación

En porcentaje de ocupación se calculó por medio del promedio de pallets de cada artículo de enero a septiembre del año 2020. Según el resultado, la suma de la media de pallets por materiales es de 29.930,7 *pallets*, por lo que la ocupación excede el espacio de pallets disponible en el CEDI, que son 25.000 *pallets*. Sin embargo, este análisis no tiene en cuenta la rotación de los materiales. Por lo tanto, se sugirió ver los resultados mensuales para evidenciar la variabilidad y una aproximación puede ser la desviación de pallets por material como se evidencia en el **Cuadro 6**. Para cada material se calculó la media de los pallets, la desviación de los pallets en el mes y la cantidad de pallets óptimos que debe de tener cada uno de los materiales para cumplir con la demanda. Adicionalmente, se calculó la diferencia entre el promedio de pallets de cada material de enero a septiembre 2020 con el promedio de pallets mensual, con el fin de determinar si el promedio mensual es mayor al promedio total. Este análisis permite dimensionar si el porcentaje de ocupación para cada material incrementa o disminuye cada mes.

Cuadro 6. Cantidad de pallets por material

Fuente: elaboración propia en el *software* R Studio.

material	mes	media_pallets_mes	desv_pallets_mes	media_pallets	desv_pallets	dista_mes	x
1001510	enero	171.129032	73.8813201	222.08364	64.643016	50.95461212	293.033210
1001510	febrero	164.551724	69.6253167	222.08364	64.643016	57.53192024	279.433497
1001510	marzo	340.161290	60.2760852	222.08364	64.643016	-118.07764594	439.616831
1001510	abril	191.133333	64.0773957	222.08364	64.643016	30.95031105	296.861036
1001510	mayo	261.032258	55.1497863	222.08364	64.643016	-36.94861369	352.029405
1001510	junio	339.400000	87.6834432	222.08364	64.643016	-117.31635562	484.077681
1001510	julio	245.419355	39.8118694	222.08364	64.643016	-23.33571046	311.108939
1001510	agosto	197.225806	81.7425673	222.08364	64.643016	24.85783793	332.101043
1001510	septiembre	88.700000	49.5393609	222.08364	64.643016	133.38364438	170.439945

Entregable

Al analizar los criterios seleccionados por la empresa se definieron 9 áreas de almacenamiento, 2 áreas que categorizan el almacén como denso y no denso y 3 áreas para cada una de las áreas descritas anteriormente que dividen el almacén en productos tipo A, B y C teniendo en total 6 áreas definidas de acuerdo con los criterios de zonificación. Adicionalmente, se tienen en cuenta tres áreas ya establecidas en NOEL, el área de sacos que es una pequeña área en la estantería selectiva, el área 600 que es el área donde se almacenan los materiales a piso y el área de la estantería Flow Rack.

El código que se realizó en el *software* R realiza el cruce de toda la información de popularidad, criterio de denso/no denso y cada una de las áreas ya establecidas en la compañía. Una de las particularidades de este código es que es dinámico ya que a medida que se le agrega información en el tiempo, va categorizando cada material en el área que mejor se ajuste.

El aplicativo que se entrega a la compañía **Ilustración 8** es un archivo de Excel que permite leer la base de datos que arroja el código en R y realiza el resumen de cada una de las áreas de una manera más visual y fácil de entender.

En los **Cuadros 7 y 8** se presentan los resúmenes de las áreas, teniendo un porcentaje de ocupación para el área denso de 26,7% que representan 321 materiales y son aproximadamente 7.995 pallets. Para el área no denso el porcentaje de ocupación es el 51,7% que representan 394 materiales y son aproximadamente 15,467 pallets.

Resumen			
Área	total referencia	% ocupación	Pallets prom
A_Denso	60	16,7%	4994,6
A_No_Denso	65	14,6%	4373,0
B_Denso	80	6,3%	1893,9
B_No_Denso	79	18,9%	5642,9
C_Denso	181	3,7%	1107,0
C_No_Denso	250	18,2%	5451,4
600	17	2,7%	803,6
Sacos	15	0,7%	203,3
Flow Rack	49	18,2%	5461,1
	796	100,0%	29930,7

Característica	total referencia	% ocupación	Pallets prom
Denso	321	26,7%	7995,4
No Denso	394	51,7%	15467,3
	715	78,4%	23462,7

Ilustración 8. *Aplicativo Zonificación NOEL*

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 7. *Resumen zonificación NOEL por áreas*

Fuente: Elaboración propia.

Resumen			
Área	Total referencias	% Ocupación	Media Pallets
A_Denso	60	16,7%	4994,6
A_No_Denso	65	14,6%	4373,0
B_Denso	80	6,3%	1893,9
B_No_Denso	79	18,9%	5642,9
C_Denso	181	3,7%	1107,0
C_No_Denso	250	18,2%	5451,4
600	17	2,7%	803,6
Sacos	15	0,7%	203,3
Flow Rack	49	18,2%	5461,1
	796	100,0%	29930,7

Cuadro 8. Resumen zonificación NOEL por densidad del artículo

Fuente: Elaboración propia.

Característica	Total referencias	% Ocupación	Media Pallets
Denso	321	26,7%	7995,4
No Denso	394	51,7%	15467,3
	715	78,4%	23462,7

Implementación

Para implementar la zonificación en el CEDI de la compañía se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

1. Registro de los materiales en el WMS según la información que proporciona el aplicativo con el fin de que los materiales queden registrados en las áreas que le corresponden. A su vez, en la impresión de las cajas de los materiales debe de haber un espacio asignado que describa el área que le corresponde a ese material, con el fin de que se organicen las zonas desde el almacén de pre almacenamiento (810), esto con el fin de facilitar el ingreso de los materiales a la estantería y evitar reprocesos en el 810. Como se puede visualizar en la **Ilustración 9**.

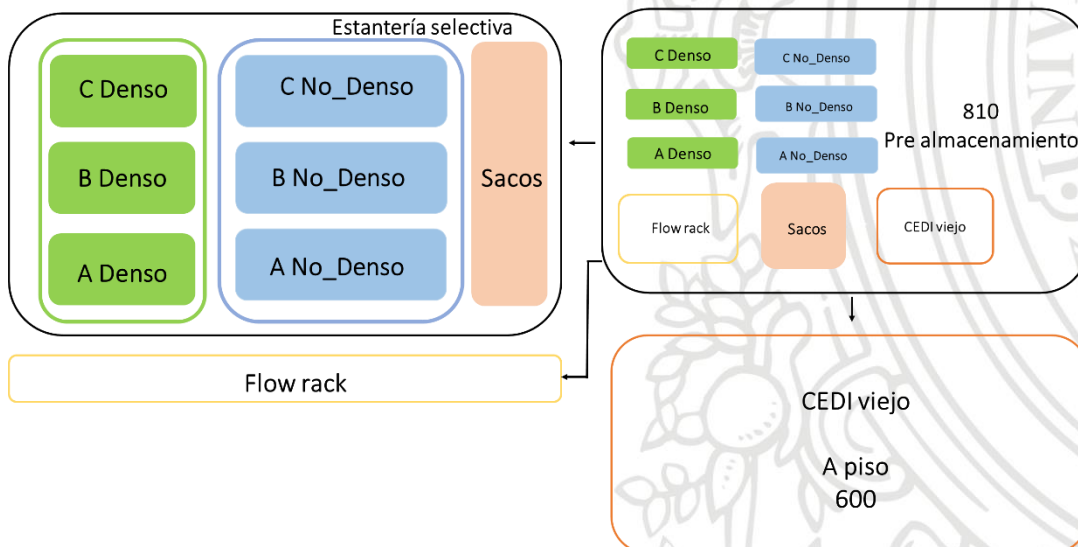


Ilustración 9. Aplicativo Zonificación NOEL

Fuente: Elaboración propia.

2. Para la elección de cómo delimitar las zonas en la estantería selectiva, se tuvo en cuenta que era mucho mejor asignar los materiales que tenían mayor rotación, es decir los tipo A en los tres primeros niveles de las estanterías ya que son los niveles más accesibles y facilitan al elevador mayor precisión al bajarlos pues serán las ubicaciones donde más veces tienen que ir a bajar materiales. En los 2 siguientes niveles se asignaron los materiales tipo B y en los últimos 2 niveles los materiales tipo

C, con el fin de que el elevador tenga que ir los últimos dos niveles la menor cantidad de veces. A su vez, se dividió el almacén en dos grupos, las materiales densos y no densos, con el fin de que los elevadores no tengan que realizar muchos recorridos y puedan elegir bajar primero los materiales más pesados, es decir, los más densos y lograr dejar la carga consolidada para el pre despachador, logrando que la carga llegue organizada a la zona de predespacho y el proceso de cargue sea mucho más eficiente. La asignación de las zonas en el almacén se puede visualizar en la **Ilustración 10 y 11**.

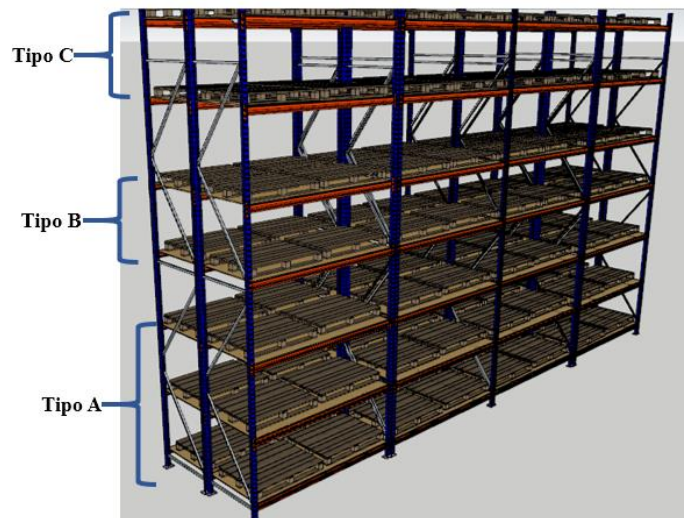


Ilustración 10. Asignación zonas estantería selectiva

Fuente: Elaboración propia. Google Sketchup.

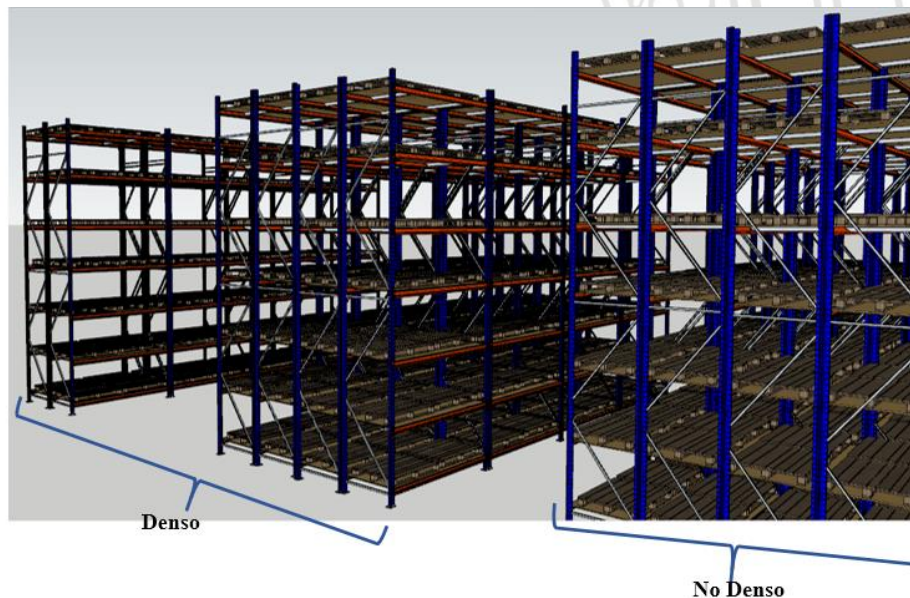


Ilustración 11. Asignación zonas estantería selectiva

Fuente: Elaboración propia. Google Sketchup.

3. El tiempo que tarda en reorganizarse el almacén en las zonas preestablecidas es de alrededor 3 meses, esto con el fin de evitar hacer trasteos dentro del almacén.

Conclusiones

La identificación de los criterios para realizar la zonificación en el CEDI fue muy importante, ya que la correcta selección de estos de acuerdo a los problemas identificados en la compañía contribuyen al aumento de la productividad en el proceso de almacenamiento y preparación de pedidos.

El análisis estadístico permitió dimensionar de una manera correcta el porcentaje de ocupación de los materiales en el CEDI de Noel. Cabe aclarar que para realizar un correcto análisis estadístico es importante la oportunidad de la información y la confiabilidad de esta, pues se debe procurar no realizar cambios manuales en las bases de datos, pues lo ideal es que todo esté programado para no alterar la información original y llevar una bitácora de lo que se realiza en las bases de datos para un futuro análisis o una futura mejora.

La caracterización de los materiales en denso y no denso, permitió estandarizar este criterio con el fin de no confundir a la operación ya que antes se realizaba bajo la experiencia. Además, la correcta ubicación de estas dos características le brinda al proceso de preparación de pedidos orden para llevar de una manera ágil, coordinada y organizada la carga consolidada hacia los módulos de predespacho, lo que a su vez le garantiza al proceso de cargue un proceso más eficiente ya que se eliminan los reprocesos que antes se generaban. Adicionalmente, el correcto cargue de los vehículos puede proporcionar una mayor capacidad para los mismos.

La popularidad del artículo le brindó una visual importante a la operación, ya que se pudo categorizar y organizar los artículos que mayor rotación tenían en el CEDI, con el fin de garantizar ubicaciones más accesibles lo que conlleva a reducir los recorridos y ayuda a la operación a ser más eficiente.

El diseño del aplicativo que permite identificar que definir las zonas de almacenamiento trae beneficios para la empresa, entre estos son la rapidez con la que se puede tener la información, ya que se cuenta con la automatización por medio del código de R, además la forma en cómo se presenta la información es clara y dinámica.

Las reuniones y tener en cuenta a los colaboradores para la toma de decisiones en cómo asignar las zonas dentro del almacén también fueron un punto importante en el análisis. Con esto se logró identificar la manera correcta de asignar las ubicaciones con el fin de disminuir los recorridos y el tiempo que se demoran los equipos para bajar el producto de las estanterías.

Referencias Bibliográficas

Baker, P., & Canessa, M. (2009). Warehouse design: A structured approach. *European journal of operational research*, 193(2), 425-436.

Bartholdi, J. J. and Hackman, S. T. (2008) Warehouse & Distribution Science: Release 0.89. Supply Chain and Logistics Institute.

Govindaraj, T., Blanco, E., Bodner, D., Goetschalckx, L., McGinnis, L., Sharp, P., 2000. Design of warehousing and distribution systems: An object model of facilities, functions, and information. In: *Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 8–11 October, Nashville, Tennessee, USA, pp. 1099–1104.

Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European journal of operational research*, 177(1), 1-21.

Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2010). Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 203(3), 539-549.

Frazelle, E., Sojo, R. & Esquivel, H (2002). *Logística de almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial*. Grupo Editorial Norma.

Sierra, L. O., Estrada, J. J. S., Montoya, J. A., & Posada, J. G. A. (2020). Approach for profiling warehousing activity using customer'S order data history. *Revista EIA*, 17(33), 14.

Arrieta Posada, J. G. (2011). Aspectos a considerar para una buena gestión en los almacenes de las empresas (Centros de Distribución, cedis). *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 91.

Ocampo, A., & Restrepo, L. (2013). REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE LA EMPRESA LABORATORIOS LICOL S.A.S. Medellín: Universidad EAFIT

Viera, M. F. (2014). DISEÑO Y APLICACIÓN DE SLOTTING (ASIGNACIÓN DE LOCALIZACIONES A LOS PRODUCTOS) EN MÓDULOS DE PICKING (ALISTAMIENTO DE PEDIDOS) EN EL SERVICIO FARMACÉUTICO DEL HOSPITAL PABLO TOBÓN URIBE. Medellín: UPB

Anexos

Anexo 1. Encuesta caracterización peso y volumen.

Empresa	
Nombre	
1. ¿Cuáles son las referencias que se cargan primero?	
2. ¿Cuáles son las referencias que se cargan de último?	

Anexo 2. Encuesta caracterización peso y volumen

Empresa			
Nombre			
2. Escriba 5 referencias que considere peso y 5 referencias que considere volumen			
	Peso		Volumen
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	