

**PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL NIVEL DE SERVICIO AL
CLIENTE EN UNA DISTRIBUIDORA DE PRODUCTOS DE CONSUMO MASIVO**

**MARIA ALEJANDRA MORALES TORO
DAVID FERNANDO VALENCIA JIMÉNEZ**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
GUADALAJARA DE BUGA
2018**

**PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL NIVEL DE SERVICIO AL
CLIENTE EN UNA DISTRIBUIDORA DE PRODUCTOS DE CONSUMO MASIVO**

**MARIA ALEJANDRA MORALES TORO
DAVID FERNANDO VALENCIA JIMÉNEZ**

Trabajo Presentado Como Requisito Para Optar Por El Título

DE: INGENIERO INDUSTRIAL

DIRECTOR:

MSc. JULIO CÉSAR LONDOÑO

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
GUADALAJARA DE BUGA
2018**

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

Guadalajara de Buga, 2018

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarnos salud y mostrarnos el camino para llegar hasta aquí.

A nuestro director Julio César Londoño, MCs, en Ingeniería de Sistemas, quien, dedico su tiempo, para la enseñanza y guía para la realización de este trabajo de investigación. Por su apoyo incondicional y su constante entrega. Su dedicación, determinación y empeño en su labor es un ejemplo a seguir para nosotros.

A todas las personas, que de cierta manera han aportado a la realización de nuestra tesis.

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar, porque es mi fortaleza y mi escudo ante cualquier situación, por brindarme salud y fuerzas en todo momento.

A mi madre amada, por su amor incondicional, por su gran comprensión y sabios consejos en momentos cruciales. Por inculcarme valores fundamentales desde niña, como la disciplina, el respeto hacia los demás sin importar su condición, la perseverancia y el amor a Dios. Por sus desvelos y también sus madrugadas, por sus deseos de ayudarme en cualquier forma y en todo momento.

A mi abuela, por ser una fuente de inspiración y motivación para poder superarme cada día más. Por ser una mamá luchadora, por sus enseñanzas y por su ayuda incondicional, por inculcarme principios, valores y a siempre perseverar.

A mi hermana, por su apoyo brindado en todo momento, por creer en mí incondicionalmente y lograr generar satisfacción en mí frente a cualquier decisión tomada. A mi hermano, porque su amor ha superado cualquier barrera, eres una fuente de motivación y de inspiración en mi vida.

A mi novio, compañero y amigo por su apoyo en momentos cruciales de mi vida y carrera profesional, por su constante motivación y perseverancia. Por llenarme de alegría y tranquilidad en momentos de dificultad y por su apoyo incondicional, es un gran ejemplo en mi vida.

A mi compañero de trabajo de grado y amigo por su dedicación y perseverancia. Por las madrugadas y noches en vela. Por demostrar su tenacidad y determinación en momentos cruciales, gracias por su gran dedicación y compromiso.

A mi amigo Omar por su apoyo incondicional, por sus regaños y consejos, por su gran humildad y sencillez. Por ser un ejemplo a seguir y por inculcarme su perseverancia.

A los docentes del programa de Ingeniería Industrial por sus enseñanzas y consejos, por su tiempo y su formación para nuestra formación como profesionales.

A muchas otras personas que quizá paso por alto, y que contribuyeron en algún momento de mi vida para alcanzar esta meta.

María Alejandra Morales Toro

A Dios por darme las fuerzas necesarias para seguir adelante y culminar esta etapa profesional.

A mi familia que me dan su apoyo en todo momento y me alientan a superarme y siempre lograr los objetivos y metas propuestas, son mi motor y son fundamentales en mi vida.

A mi compañera de trabajo de grado y amiga por ayudarme enormemente a culminar esta etapa, por su perseverancia e insistencia de hacer las cosas hasta el final. Momentos difíciles pero que quedan guardados en la memoria por siempre como una experiencia gratificante de trabajo en equipo.

A todos los docentes del programa de Ingeniería Industrial por su esfuerzo y dedicación para inculcarnos esta bonita profesión y formarnos como los ingenieros que somos.

A todas las personas que de alguna manera contribuyeron a la realización de este trabajo, gracias.

David Fernando Valencia Jiménez

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	13
2. OBJETIVOS	16
2.1. Objetivo general	16
2.2. Objetivos específicos	16
3. JUSTIFICACIÓN	17
4. REVISIÓN DE LA LITERATURA	19
4.1. Sistema de Inventario	19
4.2. Asignación de Espacio	20
4.3. Recolección de pedidos	21
5. MARCO TEÓRICO.....	23
5.1 SERVICIO AL CLIENTE	23
5.2 GESTIÓN DE INVENTARIOS.....	24
5.4 PROCESAMIENTO DE PEDIDOS.....	29
6. PROCESO METODOLÓGICO.....	32
6.1. Caracterización de la empresa.....	32
6.1.1. Almacenamiento.....	34
6.1.2. Recolección de pedido	35
6.2. Gestión del nivel de inventario en el centro de distribución	36
6.3. Método Índice Cúbico por Pedido (COI).....	39
6.4. Sistema de recolección de pedidos.....	41
6.4.1. Heurística S-Shape.....	42
6.4.2. Largest Gap	47
6.4.3. Evaluación de pedidos.....	51
6.4.4. Evaluación de pedidos basados en COI.....	52
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS	54
8. CONCLUSIONES.....	62
9. ESTUDIOS FUTUROS.....	64
10. BIBLIOGRAFÍA.....	65
11. ANEXOS	67

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplo consolidación de datos modelo de control (R, S)	38
Tabla 2. Ejemplo de cálculo del índice COI	40
Tabla 3. Escenarios de demanda.	52
Tabla 4. Análisis de tiempo de operación para tres escenarios.	55
Tabla 5. Diferencia porcentual de los tiempos (modelos propuestos S-Shape y Largest Gap)	56
Tabla 6. Evaluación de día típico por operario.	57
Tabla 7. Evaluación de día típico por operario.	58
Tabla 8. Evaluación de día pesimista por operario.	60
Tabla 9. Evaluación de día optimista por operario.	60
Tabla 10. Diferencia porcentual de las distancias (modelos propuestos S-Shape y Largest Gap)	61

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de control de inventario (R, S).	25
Figura 2. Distribución ABC de bodega.	27
Figura 3. Intención de distribución actual.	28
Figura 4. Heurística Largest Gap	31
Figura 5. Heurística S-Shape.	31
Figura 6: Diseño de bodega del Centro de Distribución Caso de Estudio.	33
Figura 7. Estantería modelo.	34
Figura 8. Demanda histórica de productos.	36
Figura 9. Comportamiento del porcentaje de ventas anuales con respecto del porcentaje de ítem: Clasificación ABC.	37
Figura 10. Distribución de almacén mediante índice COI.	41
Figura 11. Ejemplo recorrido S-Shape.	43
Figura 12. Acumulación de cajas.	44
Figura 13. Recorrido S-Shape con validación de capacidad volumétrica.	44
Figura 14. Desplazamiento en el eje X, S-Shape.	45
Figura 15. Desplazamiento en el eje Y.	46
Figura 16. Desplazamiento en el eje Z.	47
Figura 17. Recorrido con validación de capacidad volumétrica.	49
Figura 18. Desplazamiento en el eje X.	50
Figura 19. Desplazamiento en el eje Y.	51
Figura 20. Distribución propuesta de productos.	53
Figura 21. Comparación de la capacidad de las heurísticas evaluadas respecto al tiempo de recolección.	55
Figura 22. Pedidos alistados escenario 1 (Capacidad 4 operarios)	58
Figura 23. Pedidos alistados escenario 2 (Capacidad 3 operarios)	59

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza los resultados de cuánto inventario mantener, dónde ubicar el producto y cómo alistar el pedido, siendo este proceso un componente importante del costo logístico, para la contribución de la satisfacción del cliente. Se utiliza un modelo heurístico, basado en la operación de un centro de distribución que actualmente almacena sus productos de manera aleatoria y empírica, además no cuentan con un sistema de recolección definido. Se realiza una comparación de dos metodologías para el alistamiento de pedidos, analizando el efecto del tamaño del pedido en tres escenarios; día típico, optimista y pesimista. Los resultados muestran que el procesamiento de pedidos con la metodología Largest Gap recorre la menor distancia y tiempo para la recolección. Además, se tiene como resultado la asignación de los ítems requeridos y las cantidades de inventario a almacenar en la bodega para contribuir con la satisfacción del cliente, en cuanto al número de pedidos alistados.

Palabras clave: Largest-Gap, S-Shape, COI, Nivel de Servicio.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales propósitos de las empresas es ofrecer un alto nivel de servicio al cliente con el menor costo posible. Para alcanzar este objetivo las empresas requieren una forma de administrar el flujo interno de información, de tal forma que se integren todas las actividades buscando la mejor relación de este flujo, con el objetivo de alcanzar ventajas competitivas sustentables. Es así como, el proceso logístico se convierte en una ventaja competitiva para una empresa de manera que se administren todas las actividades que tienen impacto en hacer que los bienes y servicios estén disponibles para los clientes cuándo y dónde deseen adquirirlos (Ballou, 2004). Incluyendo aspectos como: la definición de los inventarios máximos a mantener, asignación de los espacios de los ítems y métodos de recolección de pedidos. Con el fin de que las cantidades de producto estén disponibles en el tiempo que se requieren y se conozca la ubicación del ítem al interior de la bodega, para realizar una recolección de pedido más ágilmente.

Según (Roodbergen & Vis, 2006) aproximadamente el 60% de todas las actividades logísticas y el 65% de los gastos operativos en un centro de distribución, son consumidos por el alistamiento pedidos. El alto consumo de costos y actividades del proceso, revela la importancia de mejorar la eficiencia del mismo; por tanto, la evaluación y definición de métodos adecuados que regulen el desarrollo de estas actividades son la base para la eficiencia y mejora continua de la logística de cualquier empresa, buscando mejorar el nivel de servicio que debe ser el objetivo del proceso (Díaz, Arias, & Osorio, 2014).

Uno de los objetivos de las metodologías de preparación de pedidos es maximizar el nivel de servicio sujeto a restricciones de recursos como mano de obra, máquinas y capital. El nivel de servicio se compone de una variedad de factores como el tiempo de respuesta, la integridad de la orden y la precisión. Un vínculo crucial entre la selección de pedidos y el nivel de servicio es que cuanto más

rápido se alista un pedido, más rápido está disponible para enviar al cliente. Si una orden pierde tiempo en ser enviada, puede que tenga que esperar hasta el próximo período de envío. Además, los tiempos de alistamiento de pedidos cortos implican una gran flexibilidad en el manejo de cambios tardíos en los pedidos. Por lo tanto, minimizar el tiempo de recolección o de alistamiento del pedido es crucial para cualquier sistema de preparación de pedidos. (Roodbergen & Vis, 2006).

El presente estudio se evaluaron dos metodologías para el alistamiento de pedidos de un centro de distribución, indicando la cantidad de estibas con producto a mantener en la bodega, ubicando los productos a mantener y por último identificando la metodología con menor distancia recorrida de las dos metodologías de recolección propuesta para esta investigación, con el fin de realizar el alistamiento de pedidos en menor tiempo para cumplir con el número de pedidos alistados que son requeridos para satisfacer al cliente en el tiempo pactado.

Este documento describe en la siguiente sección las problemáticas de una empresa distribuidora y plantea preguntas de investigación para mitigar la problemática, además ofrece una visión general del trabajo desarrollado mediante los objetivos propuestos. En la sección 3 se presenta la justificación de este proyecto. En las secciones 4 y 5, se realiza una revisión de la literatura sobre los procesos de recolección de pedidos, la satisfacción al cliente, la gestión de inventarios y asignación de espacios. En la sección 6 se presenta la metodología para realizar los objetivos trazados, mostrando cada una de las actividades realizadas en una secuencia lógica, en las secciones 7 a 8 se realiza un análisis de los resultados obtenidos y conclusiones. Finalmente, se muestra una propuesta de estudios futuros, la bibliografía utilizada y los anexos en la sección 9, 10 y 11 respectivamente.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El servicio al cliente es un término amplio que puede incluir muchos elementos, que van desde la disponibilidad del producto hasta el mantenimiento después de la venta. Desde una perspectiva logística, el servicio al cliente es el resultado final de todas las actividades logísticas o procesos de la cadena de suministros. Por ello, el diseño del sistema de logística establece el nivel que se ofrecerá del servicio al cliente. (Ballou, 2004)

Un estudio detallado del servicio al cliente, patrocinado por el *National Council of Physical Distribution Management*, identificó los elementos del servicio al cliente de acuerdo con el momento en que ocurre la transacción entre el proveedor y el cliente. Los cuales se agrupan en tres categorías de pre transacción, transacción y pos transacción. Especialmente los elementos de pre transacción establecen un ambiente adecuado para un buen servicio al cliente. Mediante una declaración escrita de la política de servicio al cliente, el tiempo en que serán entregados los bienes una vez que se levante el pedido, así como el procedimiento para manejar devoluciones y órdenes atrasadas. Para el presente trabajo los elementos de transacción son importantes, según Ballou estos se dan por resultado directo de la entrega del producto al cliente, como el establecimiento de los niveles de inventario y la implantación de procedimientos para el procesamiento de pedidos. (Ballou, 2004) Naturalmente, algunos elementos son más importantes que otros, debido a esto se identificaron los elementos de mayor importancia para este estudio.

El presente trabajo se desarrolló en una empresa ubicada en la ciudad de Yumbo, que distribuye productos de consumo masivo a lo largo del Valle del Cauca, Norte del Cauca y parte del eje cafetero, atendiendo en promedio a 2800 clientes. La empresa posee agentes de ventas que realizan la tarea de atender a los clientes y tomarles el pedido, luego de esto a través de un aplicativo móvil se transmite el pedido al área de facturación y esta lo trasmite a las áreas de costos y cartera para obtener las autorizaciones respectivas, una vez pasado este proceso se

procede a transmitir el pedido a bodega, la cual se encargan de alistarlos y despacharlos a los diferentes clientes.

Actualmente la empresa tiene dos bodegas para el manejo y distribución de sus productos, en la bodega principal se encuentran la mayor cantidad de artículos y en la secundaria se encuentran devoluciones o producto no conforme, además, cuenta con estanterías para el almacenamiento de sus productos. La empresa maneja alrededor de 1670 productos.

La empresa viene presentando situaciones desfavorables en los últimos dos años, como retraso y no cumplimiento en los pedidos, los cuales se traducen en una disminución del servicio al cliente que podría generar una menor captación del mercado presente. El alistamiento de las ordenes se realiza factura por factura; es decir recolectando una orden a la vez, lo que genera que una ubicación sea visitada muchas veces por turno, a su vez, no existe un método de recolección de pedido lo que implica que la distancia total recorrida y el tiempo total de recolección sean mayores, aumentando así los costos de picking. En ocasiones no se cuenta con el inventario disponible en bodega, esto implica demoras en el despacho de los productos y su vez una insatisfacción en el cliente.

El proceso de facturación es un proceso que toma tiempo para la empresa, dado que la persona encargada debe pasar la factura por el área de costos y de cartera, para que se emita una autorización en caso de que haya descuentos en productos y/o que el cliente no tenga cupo para realizar la respectiva compra, este proceso demora alrededor de una hora. Lo que ocasiona retrasos en el proceso de facturación debido al gran número de órdenes que se pueden acumular.

Los agentes viajeros emiten las ordenes por una aplicación móvil que sirve como sistema de información, allí pueden ver la cantidad de inventario disponible, código del producto, descuentos y demás información, sin embargo, esta información no está actualizándose constantemente. Una vez se despacha el pedido, se actualiza la aplicación móvil con la cantidad de existencias disponibles en la bodega, esto

quiere decir que al momento en que un agente viajero emita una orden, poco después de que una orden es emitida por medio del aplicativo, corre el riesgo que no esté el inventario disponible para satisfacer esta demanda. Esta situación, a menudo, causa que los clientes se quejen con el vendedor, quien debe dejar de hacer su trabajo para atender los reclamos de los clientes. Además, los clientes pueden preferir cancelar sus pedidos y buscar los productos en la competencia (venta perdida) o en ocasiones la empresa hace un despacho posterior, poniendo en lista de espera al cliente que hizo el pedido, teniendo que despachar en procesos de distribución de emergencia a mayores costos.

Principalmente esta disminución del servicio al cliente se da por no tener el producto disponible, por tenerlo mal ubicado o por no procesar el pedido correctamente o ágilmente. El presente trabajo se centró en definir un método de recolección de pedido que contribuye a la disminución del tiempo en que se tarda el pedido en ser llevado hasta la zona de alistamiento.

Pregunta de investigación

Teniendo en cuenta los anteriores aspectos, la formulación del problema se sintetizó en la siguiente pregunta:

¿Cómo mejorar el nivel del servicio al cliente sin incrementar el recurso actual?

Sistematización del problema

¿Cuáles deben ser los niveles de inventario adecuados para la empresa?

¿Cómo realizar el proceso de recolección de órdenes de tal manera que contribuya al aumento del nivel de servicio relacionado con la atención de pedidos sin incrementar el recurso actual?

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Proponer una metodología dentro de un centro de distribución con el fin satisfacer las necesidades de los clientes, mediante una caracterización del proceso de recolección de pedidos mejorando el desempeño del sistema actual.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el sistema actual de la empresa, con el fin de recolectar información acerca del procesamiento de pedidos, gestión de inventarios.
- Definir el nivel de inventario que debe mantener la empresa en un horizonte de planeación, con el fin de satisfacer la demanda.
- Establecer un modelo para la recolección de pedidos con el fin de mejorar el nivel de servicio y evaluar su desempeño.

3. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se justifica a partir de la necesidad que ha surgido en los centros de distribución de generar un mejor flujo en la cadena de suministro con el correcto aprovechamiento de los recursos existentes en el mismo, donde las tendencias y exigencias del ambiente competitivo actual, hacen que los centros de distribución acepten pedidos u órdenes de los clientes para cumplirlas en un plazo de tiempo corto, que en consecuencia reduce los tiempos para la preparación de los pedidos.

Se resuelve un problema que es cotidiano que ocurre en los centros de distribución, donde existe la necesidad de dispensar miles de productos, para atender las requisiciones de cientos de clientes.

Dentro del contexto descrito anteriormente, la Ingeniería Industrial entra a desempeñar una labor fundamental en el objetivo de incrementar la eficiencia en la ejecución de las operaciones de un centro de distribución, específicamente, aplicando técnicas de análisis y mejoramiento de procesos, de simulación y optimización (Vidal Holguín, 2010), las cuales se pueden enfocar en las operaciones de almacenamiento, definición de inventario a mantener y recolección de órdenes.

Con el fin de contribuir con el nivel de servicio al cliente, definido para este proyecto como la cantidad de pedido alistada respecto a la cantidad solicitada por el cliente, se realizaron tres actividades; la primera, establecer los niveles de inventario a mantener a fin garantizar las cantidades de producto disponibles, la segunda, la asignación de ubicaciones a los productos y la tercera, la evaluación de dos sistemas de recolección de pedidos (S-Shape y Largest Gap) fueron evaluadas, estas metodologías permiten mejorar la eficiencia de la recolección de pedidos.

Por tal razón, este proyecto propone un nivel de inventario a mantener en la bodega para cumplir con las necesidades de sus clientes, una propuesta de ubicación de los ítems dentro de la bodega y se evalúa dos metodologías para

recolección de órdenes, enfocadas en la contribución de la satisfacción del cliente, dado que es una operación con alto costo y tiempo dentro de un centro de distribución.

4. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Se presentan diferentes autores que han abordado esta problemática desde diferentes ámbitos, en este caso se realiza una revisión con tres categorías relevantes que son: sistema de inventario, asignación de espacio y recolección de pedidos. Estas permiten tener un orden y congruencia con los objetivos propuestos. A continuación, se muestra una revisión de los documentos relacionados con estos temas mencionados donde se aprecia el contexto, la metodología empleada y los resultados y/o las aplicaciones que se han llevado a cabo en los diferentes casos de estudio.

4.1. Sistema de Inventario

En el objetivo de abordar el problema con sistemas de inventarios, (Shing Chih & Sin Ting, 2017) proponen un marco de solución basado en la simulación para abordar el problema de optimización de inventario multi-objetivo. Tienen como objetivo encontrar parámetros adecuados del punto de pedido y la cantidad de la orden para reducir al mínimo tres funciones objetivo al mismo tiempo, las cuales son los valores esperados del costo total del inventario, el nivel promedio de inventario y la frecuencia de ruptura del stock. Los resultados experimentales se proporcionan para evaluar la eficiencia de los algoritmos desarrollados y otros marcos de solución existentes.

En adición, (Barrow & Kourentzes, 2016) examinan las distribuciones de error de pronóstico de base y de combinación y sus implicaciones para el rendimiento del inventario. Intentan determinar si la combinación de pronósticos transforma la distribución del error de predicción hacia propiedades deseadas para los cálculos de existencias de seguridad. Los efectos de la combinación de métodos establecidos se exploran por medio de un conjunto representativo de los métodos de pronóstico. Los resultados sugieren que la combinación de productos hace la entrada y pronósticos de base.

4.2. Asignación de Espacio

Se presenta un análisis de tiempo de viaje, donde (Chew & Tang, 1999) se enfocan en un modelo de tiempo de viaje mediante la asignación de ubicación en un sistema de almacenamiento rectangular. Dando la probabilidad exacta a las funciones de masa que caracterizan el recorrido de un selector de orden y se derivan del primer y segundo momento asociado con el recorrido. Se aplica el modelo para el análisis de órdenes y estrategias de asignación de almacenamiento en un sistema de reparación de pedidos. Este sistema se modela como un sistema de colas con el procesamiento por lotes. Los clientes son comparados y validados a través de la simulación.

Continuando con el tema, (Kutzelnigg, 2011) aborda la asignación óptima de mercancías en un almacén, optimizando el tiempo promedio de recogida de órdenes, tiene en cuenta todas las restricciones que se producen en un entorno real. Por ejemplo, evitar poner mercancías pesadas en la parte superior de los objetos frágiles. Proponen un modelo de programación y desarrollan algunas heurísticas constructivas consiguiendo un ahorro hasta del 20% de la distancia total recorrida y por tanto una reducción de costos significativa.

Hassini resuelve el problema dada la disposición del almacén y el conjunto de productos, con los requerimientos de espacio y las tasas de demanda, encontrándose con la asignación óptima del producto que dará lugar a más tiempo antes de que se agote cualquiera de estos y obtener una respuesta rápida a la demanda. (Hassini, 2008) La asignación se encuentra mediante la resolución de un modelo de programación entera, obteniendo resultados que mostraron la proporción de los espacios asignados a un producto no es necesariamente igual a su frecuencia de demanda y que los tiempos entre reposición de inventario se redujeron en un 24%.

Zhang desarrolla diversas soluciones de una estrategia de asignación correlacionada (CSAS) para reducir la distancia de recorrido en el sistema pick-to-

part de preparación de pedidos en un almacén de un solo bloque. (Zhang, 2016) Se considera la correlación entre los SKU para la asignación de ubicación de almacenamiento, una metodología, que incluye un pre-proceso y dos procesos de ramificación, se propone en primer lugar para desarrollar algoritmos de la CSAS. En la simulación, la distancia promedio de viaje por picking se utiliza para medir la mejora de la CSAS. En comparación con la rotación completa de almacenamiento, el CSAS reduce 2,08% de la distancia de viaje promedio por picking.

4.3. Recolección de pedidos

Por otro lado, (Lu, McFarlane, Giannikas, & Zhang, 2016) se centran específicamente en la preparación de pedidos, factor clave que afecta el rendimiento del almacén. Presentan un algoritmo de enrutamiento intervencionista para la optimización de las rutas dinámicas de preparación de pedidos. El algoritmo se prueba utilizando un conjunto de simulaciones en base a un ejemplo de caso industrial. Los resultados indican que, bajo una gama de condiciones, el algoritmo de enrutamiento intervencionista propuesto puede superar tanto los algoritmos de enrutamiento estáticos como los dinámicos heurísticos.

En la misma línea, (Giannikas, Lu, Robertson, & McFarlane, 2017) presentan una estrategia de preparación de pedidos intervencionista que pretende mejorar la capacidad de respuesta de los sistemas de preparación de pedidos. A diferencia de las estrategias dinámicas existentes, la estrategia propuesta permite a un selector intervenir durante un ciclo de selección para tener en cuenta los nuevos pedidos y las interrupciones operativas. Esta estrategia intervencionista se compara con una estrategia de picking dinámica y se presentan ventajas tanto en términos de tiempo de finalización de pedidos como de distancia de viaje.

(Scholz, Schubert, & Wäscher, 2017) Presentan, un enfoque que considera todos los sub problemas del tema de preparación de pedidos. Problemas como la fecha de vencimiento de pedido, cómo se asignan los lotes a los recolectores, cómo se

ordenan los lotes asignados y cómo se enrutan los recolectores. Los autores desarrollan un modelo matemático que permite la resolución de diferentes casos con la ayuda de un algoritmo de descenso de vecindad variable.

(Roodbergen & Vis, 2006) Presentan un trabajo enfocado en determinar el diseño del área de preparación de pedidos en los almacenes, de tal forma que la distancia recorrida por los operarios sea minimizada. Los investigadores presentan modelos con fórmulas analíticas que permiten calcular la duración promedio de una ruta de preparación de pedidos para dos políticas de enrutamiento diferentes, Largest Gap y S-Shape. El número óptimo de pasillos en un área de preparación de pedidos depende en gran medida del espacio de almacenamiento requerido y el tamaño de la lista de selección.

5. MARCO TEÓRICO

El problema de aumento del nivel de servicio, entendido como la conjunción de conceptos como entrega a tiempo, rapidez de atención a un pedido, condición del producto y documentación precisa, está enmarcado en el área de la logística, las herramientas o métodos de solución a este problema combinan decisiones estratégicas y tácticas para dar un rendimiento óptimo del centro de distribución. Es por esto que se deben presentar algunos conceptos de importancia, con el fin de dar una mejor visión y comprensión del documento, como la logística ha venido evolucionando a lo largo de los años, así mismos conceptos como servicio al cliente, gestión de inventarios, asignación de espacios y recolección de pedidos.

5.1 SERVICIO AL CLIENTE

Se refiere específicamente a la cadena de actividades orientadas a la satisfacción de las ventas, que en general inician con el ingreso del pedido y finalizan con la entrega del producto a los clientes, continuando en algunos casos como servicio o mantenimiento de equipo, u otros como soporte técnico. Para este caso se estudia la satisfacción de los clientes por medio de la entrega inmediata de los productos requeridos o la disminución en el plazo de respuesta; cumplir con la demanda de 2000 clientes al mes en promedio, requiere un trabajo en conjunto que permita un rápido ingreso de pedido, un inventario para suplir la necesidad y una acomodación y recolección eficiente disminuyendo tiempos de alistamientos o preparación para luego ser despachados lo antes posible. En esta teoría se tienen como referentes los siguientes planteamientos:

Importancia relativa de los elementos de servicio:

Innis y LaLonde observaron que seis de los diez atributos principales de servicio al cliente eran de naturaleza logística (Ballou, 2004). En particular, altos índices de satisfacción, frecuencia de entrega e información sobre disponibilidad de inventarios, fecha de envío proyectada y fecha de entrega proyectada al momento de colocar el pedido recibieron las más altas clasificaciones entre la base de

clientes al menudeo. Además, LaLonde y Zinszer encontraron que la disponibilidad del producto (integridad del pedido, precisión del pedido y niveles de inventario) y el tiempo del ciclo de pedido (tiempo de tránsito del pedido y tiempo para ensamblado y envío) se encontraban en forma dominante en la mente de los usuarios, siendo los más importantes para el 63% de los encuestados en su estudio (Ballou, 2004)

Efectos del servicio al cliente sobre las ventas:

Krenn y Shycon concluyeron, a partir de sus profundas entrevistas a 300 clientes de GTE/Silvana, que la distribución, cuando proporciona los adecuados niveles de servicio para cumplir las necesidades del cliente, puede llevar directamente a un incremento en las ventas, mayor participación de mercado y por último a mayor contribución y crecimiento de las utilidades (Ballou, 2004).

5.2 GESTIÓN DE INVENTARIOS

El control de inventarios es uno de los temas más complejos y apasionantes de la logística, debido a las fluctuaciones aleatorias de la demanda y de los tiempos de reposición tiende a ocurrir existencia de excesos y de faltantes de inventarios. Es por esto que surge la pregunta ¿qué nivel de inventarios mantener y en dónde? La mejor alternativa es aplicar sistemas óptimos de gestión y control para responder a dichas fluctuaciones y tener una respuesta eficaz a la demanda. (Vidal Holguín, 2010)

Se usa la gestión de inventarios para la solución de este problema específicamente determinando un nivel adecuado por producto y una revisión periódica de dicho inventario, mediante un sistema de control periódico. Los sistemas de control de inventarios para una demanda probabilística o aleatoria permiten manejar de manera más clara las fluctuaciones del mercado. Teniendo en cuenta los sistemas dados en la literatura, según Vidal, el modelo más efectivo para este caso aplicado es el sistema periódico (R, S) debido a que se usa para el

control conjunto de los productos, se tiene un tiempo de reposición promedio constante y se acomoda a las necesidades de la empresa.

5.2.1 Sistema de control periódico (R, S)

En este sistema de revisión periódica, se revisa el inventario cada R unidades de tiempo y se ordena una cantidad igual a la diferencia entre un valor máximo S y el valor del inventario efectivo en el momento de la revisión. En la Figura 1, se observa cómo se da manejo al inventario a lo largo del tiempo y los conceptos que intervienen allí. Gracias a las condiciones actuales, este sistema encaja muy bien debido a que existe un tiempo de reposición promedio entre los proveedores locales, nacionales e internacionales. La probabilidad de tener una demanda nula en cierto momento es muy baja ya que estos productos de consumo masivo se deben estar abasteciendo a los diferentes clientes en todo momento, lo que hace que cada vez que se haga una revisión se genere un pedido a los proveedores.

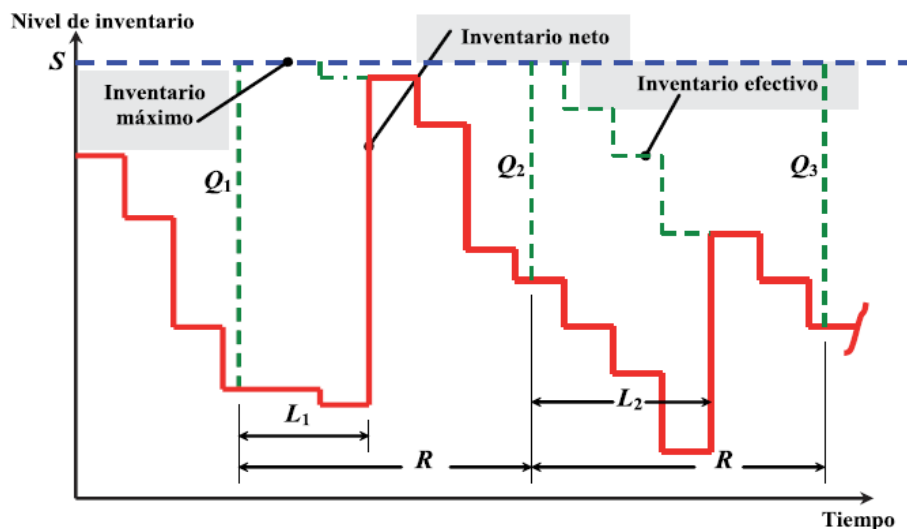


Figura 1. Sistema de control de inventario (R, S).
Fuente: (Vidal Holguín, 2010)

Es importante aclarar que el objetivo de esta teoría de la gestión de inventarios es conocer las necesidades de almacenamiento y establecer un inventario máximo

por ítem y de esta manera se espera que para un posterior proceso de recolección, el inventario se encuentre disponible.

5.3 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

La ubicación de las existencias al interior de la bodega representa un problema logístico donde se decide la disposición física de los productos para la minimización de los gastos de manejo de materiales y maximización del espacio del almacén. Los productos deben ser puestos en lugares de almacenamiento antes de que puedan ser recogidos para cumplir con los pedidos del cliente, contando con un total de 1440 posiciones en la bodega y una asignación empírica de los productos en dichas posiciones se hace necesario usar esta herramienta teórica como apoyo.

Hablar de un método de asignación de almacenamiento es, en pocas palabras, ejecutar un conjunto de reglas y parámetros para asignar productos a ubicaciones de almacenamiento. Sin embargo, para implementar una asignación de esta manera, debe tenerse en cuenta cómo se llevarán a cabo las actividades de recolección en este sistema de almacenamiento.

Para las políticas de asignación de almacenamiento, hay muchas maneras de asignar productos a ubicaciones de almacenamiento dentro de las áreas de almacenamiento avanzadas y de reserva. En estas políticas se tienen en cuenta cinco tipos de asignación de almacenamiento de uso frecuente: almacenamiento aleatorio, almacenamiento de ubicación abierta más cercano, almacenamiento dedicado, almacenamiento de volumen de negocios completo y almacenamiento basado en clases. (Jiaxi, Mohsen, & Shimon, 2016)

5.3.1 Asignación por clasificación ABC

Esta clasificación permite agrupar los productos de la empresa en categorías donde se cumple una relación ideal de que el 80% de los ingresos es dado por el 20% de los productos. La asignación de los productos conforme esta clasificación

facilita el manejo en orden ascendente de importancia conforme a los criterios dados para la clasificación. Estos criterios pueden ser, ingresos, cantidad de unidades y número de órdenes, entre otros. (Ballou, 2004)

Para la distribución de los productos en la bodega, en este caso con estanterías, es necesario contemplar variables que a veces suelen ser dispersas, por ejemplo, la minimización de las manipulaciones y recorridos, utilizar al máximo el espacio de la bodega, fácil acceso al producto, cuidar del producto, las instalaciones y el personal de la empresa, fácil control, entre otras. Actualmente, se plantean diferentes asignaciones según esta clasificación ABC, teniendo presentes estos criterios mencionados:

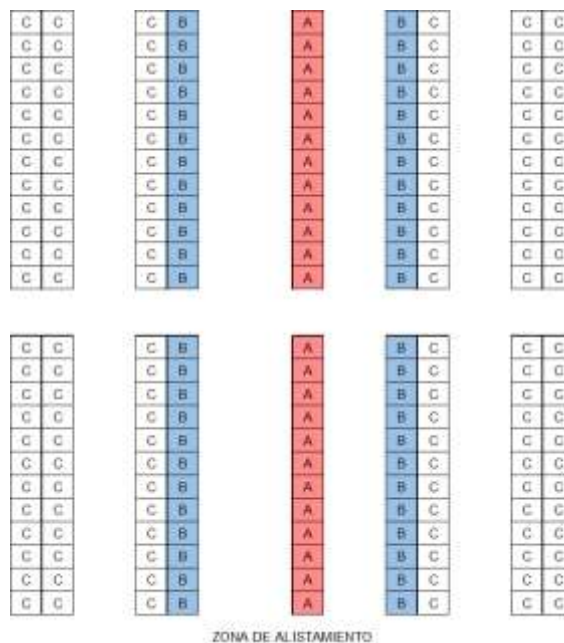


Figura 2. Distribución ABC de bodega.
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2 se aprecia la distribución de las posiciones de acuerdo con la clasificación de los productos. Esto hace que de una manera organizada los productos de mayor importancia de acuerdo a esta clasificación estén más cerca de la zona de alistamiento para cargar los pedidos y despacharlos a los diferentes clientes.

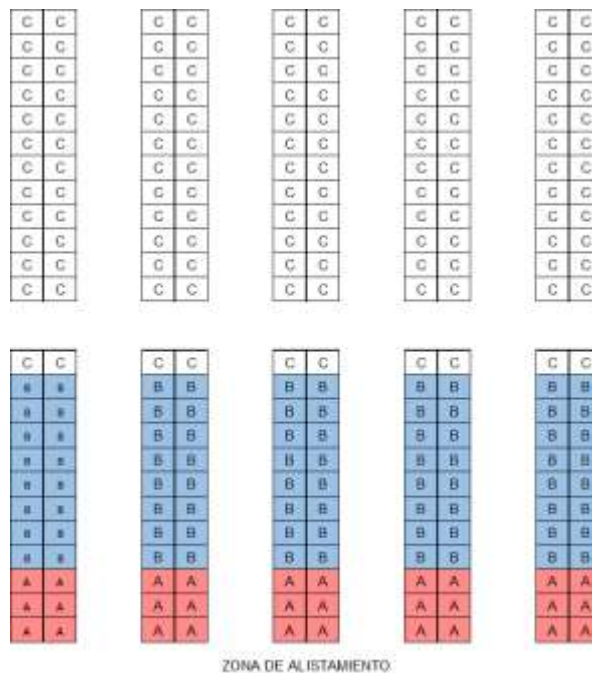


Figura 3. Intención de distribución actual.
Fuente: Elaboración propia

La empresa cuenta con la intención de una distribución en expansión vertical de acuerdo con el criterio principal que es los ingresos generados y cuidando ciertas afinidades entre productos los cuales no se pueden almacenar juntos. Como se observa en la Figura 3, la empresa tiene como ideal esta asignación para sus productos de manera los operadores que puedan tener secciones diferenciadas y realizar el recorrido siguiendo los parámetros dados, sin embargo, no se cumple a cabalidad con estos requerimientos para la asignación de las posiciones de los productos.

5.3.2 Método Índice Cúbico por Pedido (COI)

Este método de asignación es el resultado de combinar la distribución por popularidad y por tamaño. La distribución por popularidad reconoce los diferentes índices de rotación de los productos y así mismo distribuye el almacén con esa referencia; entre más alta la rotación más cerca el producto de la zona de embarque mientras que la distribución por tamaño sugiere que los costos de

manejo se minimizan si se colocan los artículos más pequeños cerca del punto de salida. (Ballou, 2004)

El índice COI habla de ambas características de distribución, combinándolas en la siguiente proporción; volumen requerido en promedio por el producto para su almacenamiento contra el número promedio de pedidos diarios en los que se solicita el artículo. El valor del índice es directamente proporcional a la cercanía con el punto de salida, es decir, entre más pequeño el índice más cercano debe de estar el producto a este punto. El objetivo de este método es cargar el espacio del almacén de manera que el inventario con mayor volumen se desplace la distancia más corta posible al punto de salida.

5.4 PROCESAMIENTO DE PEDIDOS

Se afirma la preparación de pedido como las actividades que intervienen para cumplir con el ciclo de pedido, más directamente con la preparación de las facturas u órdenes solicitadas por los clientes. El correcto manejo de dicha recolección permite contribuir significativamente a la solución de este problema debido a que da una visión para establecer un enrutamiento por parte de los operarios y así buscar disminuir los tiempos, consiguiendo un mejor nivel de respuesta al cliente.

Recolección por lotes

Una política de procesamiento por lotes determina cómo se combinan las órdenes para formar lotes. Los estudios de esta metodología se centran principalmente en los almacenes con un manejo manual clásico y su efecto en los costos de operación. El tiempo de viaje de los vehículos o recolectores suele ser el componente dominante del costo de operación; por lo tanto, se utiliza una disminución del tiempo de viaje o distancia de viaje como criterio de ordenación por lotes. Generalmente en este tipo de almacenes, el sistema de recogida y extracción contiene una línea de selección o un transportador de longitud fija, y la

minimización del recorrido la distancia puede no ser adecuada bajo tales condiciones; en cambio, una reducción en el número de lotes formados puede servir como un objetivo más apropiado.

Actualmente, se recolectan los pedidos en la bodega por factura por ciudad, la bodega cuenta con cuatro operarios, cuatro estibadores, cuatro montacargas, 13 pasillos con estanterías, un pasillo principal horizontal que divide las estanterías en dos bloques y un total de 1440 posiciones disponibles; según la distribución y los recursos existentes se realiza un análisis de las herramientas o métodos de enrutamiento, los cuales tienen como objetivo secuenciar los elementos de la lista de selección para garantizar una buena ruta a través del almacén.

La selección de pedidos es fundamental para cada cadena de suministro ya que depende que no sucedan resultados deficientes en servicio al cliente insatisfactorio (tiempos de procesamiento y entrega largos) e incremento excesivo de los costos. En la práctica, el problema del enrutamiento de preparadores de pedidos en un almacén se resuelve principalmente mediante el uso de una heurística. Una de las heurísticas simples para el encaminamiento de preparadores de pedidos es la forma de S (o transversal) heurístico. También existen heurísticas como Largest-Gap, combinada, pasillo por pasillo, algoritmo óptimo. Acorde con la propuesta de almacenamiento para el centro de distribución, se plantean dos heurísticas de ruteo con el fin de disminuir los tiempos de manejo en el proceso de recolección de órdenes.

5.4.1 Heurísticas de Largest-Gap

La metodología de la brecha más grande, como propuesta inicial, busca abarcar perimetralmente el almacén; el enrutador sale de la zona de depósito y va recolectando de izquierda a derecha o viceversa desde la parte superior del almacén teniendo en cuenta su distribución. Cuando se encuentra en la parte superior, entra a cada pasillo por los productos más alejados de la mitad horizontal del almacén, como se muestra en la Figura 4.

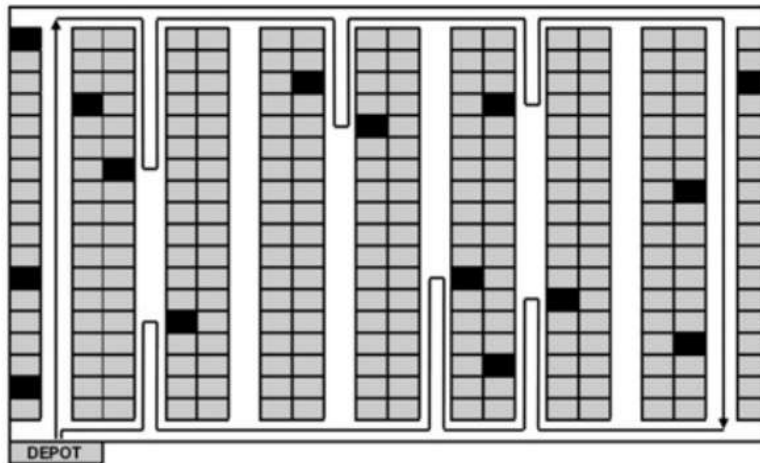


Figura 4. Heurística Largest Gap
Fuente: Adaptado de Henn, 2012

5.4.2 Heurística de S-Shape

El enrutamiento de pedidos bajo el método en forma de S significa que cualquier pasillo que contiene al menos una selección es atravesado por completo (excepto potencialmente el último pasillo visitado), los pasillos donde no se tiene que recoger nada se saltan. Desde el último pasillo visitado, el preparador de pedidos regresa al depósito como se observa en la Figura 5.

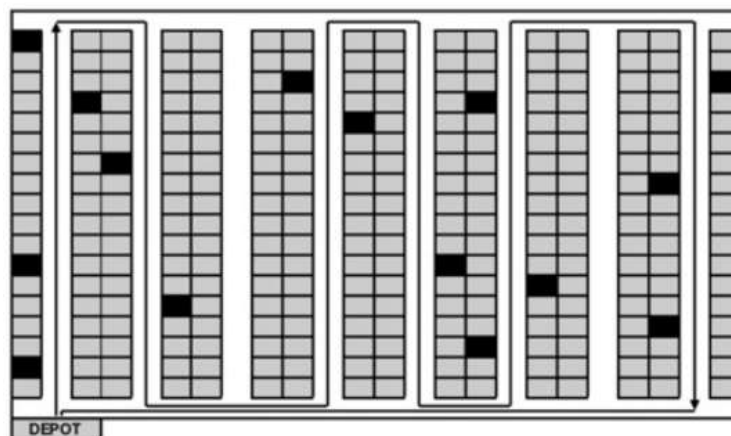


Figura 5. Heurística S-Shape.
Fuente: Adaptado de Henn, 2012

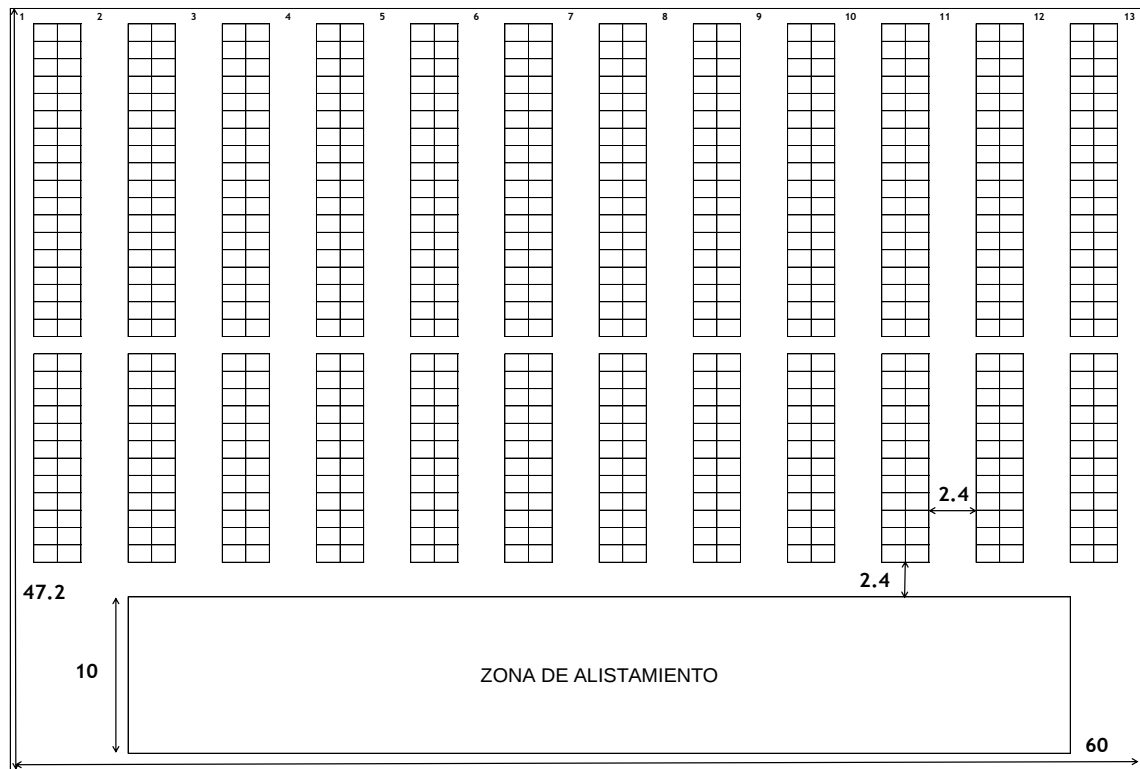
6. PROCESO METODOLÓGICO

La propuesta presentada a continuación, está basada principalmente en la evaluación de dos metodologías para la recolección de órdenes (S Shape y Largest Gap); primero se realizó una caracterización del centro de distribución, se evaluó la distribución propuesta basada en el índice COI, seguido se definieron las necesidades de almacenamiento, en cantidad de inventario y número de posiciones y finalmente se describen las metodologías utilizadas para la recolección de pedidos.

6.1. Caracterización de la empresa

La empresa se encuentra ubicada en la ciudad de Yumbo, su razón social se basa en la distribución de productos de consumo masivo a lo largo del Valle del Cauca, Norte del Cauca y parte del Eje Cafetero, atendiendo un mercado de alrededor de 2000 clientes. La empresa posee agentes de ventas que realizan la tarea de atención al cliente y toma de pedido; luego de esto, a través de un aplicativo móvil, se transmite el pedido al área de facturación, para que esta a su vez, lo retransmita a las áreas de costos y cartera para obtener las autorizaciones para proceder a facturar. Una vez culminada esta fase, se procede a transferir el pedido a la bodega, en la cual se encargan de alistarlo y despacharlo a los diferentes clientes.

La empresa en un principio contaba con dos bodegas para la disposición de productos, pero actualmente esta bodega no se encuentra habilitada para la empresa. Esta bodega de almacenamiento está compuesta por zonas para almacenamiento en estantería y una zona de alistamiento. El diseño de bodega Figura 6 posee un área total de 2832 metros cuadrados, distribuidos en un espacio rectangular para el almacenamiento de la mercancía, que consta de trece pasillos y doce estanterías de doble nivel.



*Figura 6: Diseño de bodega del Centro de Distribución Caso de Estudio.
Fuente: Elaboración propia.*

Para el proceso de almacenamiento, el equipo se compone por un total de 8 miembros, de los cuales cuatro operarios forman parte del proceso de alistamiento, los cuales son los encargados de recorrer el almacén, recolectar los productos que componen el pedido y, finalmente, llevarlos a la zona de alistamiento. Existen dos inspectores que cumplen con la tarea de verificar la cantidad de productos solicitados por el cliente para los diferentes pedidos, además de empacarlos. El facturador delega la verificación del estado de endeudamiento de los diferentes clientes y los descuentos que apliquen a cada factura, al área de costos y cartera, una vez notificada esta información procede a realizar y enviar la debida factura al jefe de bodega. Se cuenta con un jefe de bodega, quien agrupa los pedidos según su ruta y asigna a cada operario la cantidad de pedidos a alistar.

Las estanterías tienen una altura de 3,2 metros, como se muestra en la Figura 7 con una capacidad de 3,6 toneladas para cada módulo. En total se tienen 1440 posiciones para el almacenamiento de producto. Por otra parte, se cuenta con zonas en piso para almacenar producto no conforme, devoluciones o faltantes, que para este estudio no se tuvieron en consideración.

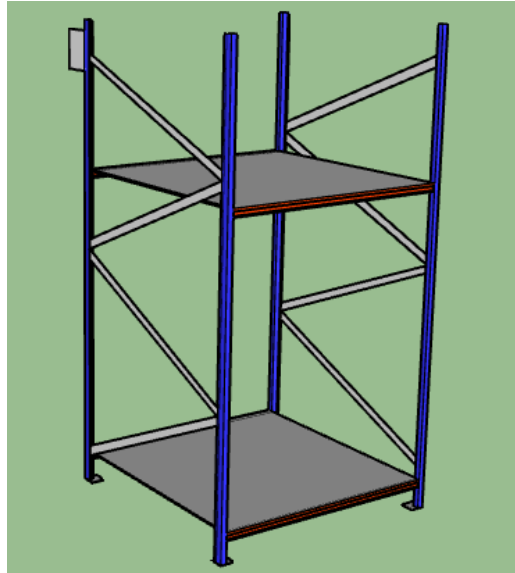


Figura 7. Estantería modelo.

Fuente: Tomado de Google Sketch up.

6.1.1. Almacenamiento

Las entradas de este proceso involucran todos los productos recibidos de los proveedores durante el proceso de compra, incluyendo materias primas y/o equipos requeridos, junto con la documentación y rotulación requerida para su ingreso a la bodega de almacenamiento y respectivo posicionamiento.

Los productos a almacenar se reciben por los diferentes muelles, dichos productos son inspeccionados para aprobar su ingreso en bodega; una vez aprobados, son desplazados hacia las zonas de almacenamiento previamente habilitadas para su posicionamiento, los productos que no superan la inspección son retornados junto con una nota proveedor.

Las ubicaciones del producto son asignadas por el operario basadas en su experiencia y conocimiento dentro de las labores de la bodega, es decir, que no se cuenta con un sistema de posicionamiento efectivo y ordenado.

La estructura de posicionamiento de los productos está basada en tres coordenadas, las “x” relaciona la cantidad de estantería que se tiene a nivel horizontal, las “y” define la columna es decir el nivel vertical de la bodega y la “z” define el nivel de altura a posicionar en la estantería.

6.1.2. Recolección de pedido

La entrada principal de este proceso son las órdenes de pedido entregadas a los operarios para su alistamiento. Para la recolección, los operarios hacen uso de cuatro elevadores eléctricos de dos toneladas de capacidad.

El proceso de recolección inicia a partir de la recepción del pedido a la bodega, el jefe encargado, clasifica los pedidos según el destino de la orden y asigna una cantidad de pedido a cada operario para su correspondiente recolección y alistamiento. El operario, basado en su conocimiento y experticia de la ubicación de los productos en el almacén, recorre la bodega mientras recolecta los productos del pedido asignado. Una vez concluye, se dirige a la zona de alistamiento para descargar los productos agrupados según los pedidos solicitados. Aquí, los inspectores se encargan de verificar que los diferentes pedidos cumplan con las cantidades especificadas por los clientes; de no ser así, los operarios deben cumplir con una segunda fase de recolección, en la cual deben cotejar las cantidades y completar los pedidos. Una vez el pedido alistado supere la inspección, se procede con el embalaje.

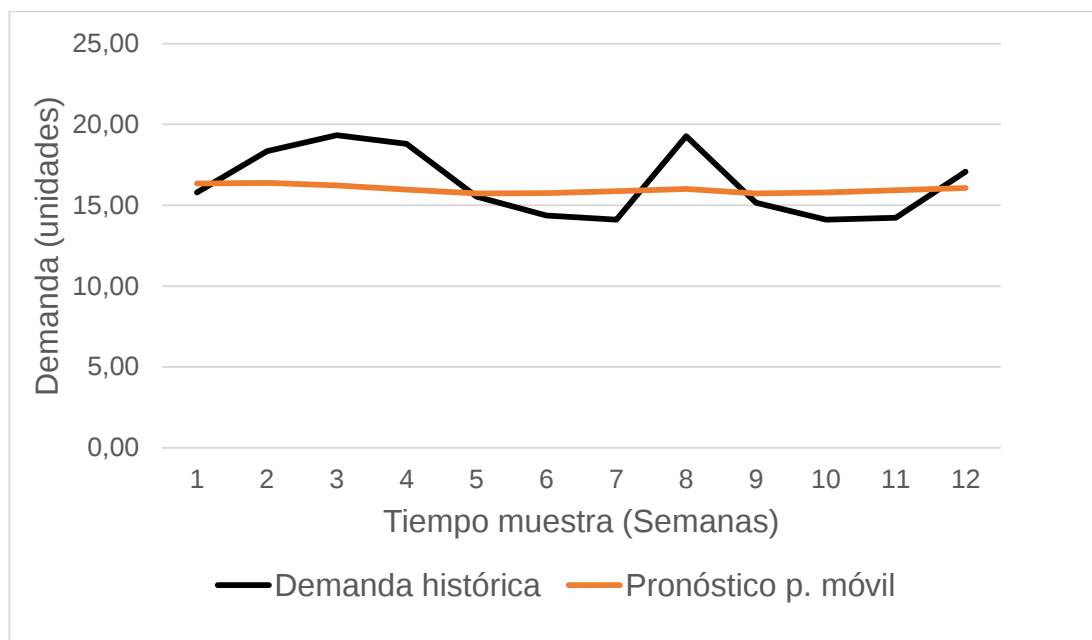
6.1.3 Nivel de servicio

A nivel logístico y basado en el alcance dado, el nivel de servicio se ha relacionado con la cantidad de pedidos atendidos por día, es decir, un incremento en ese indicador asumirá el cumplimiento de despacho a un cliente quien solicito el pedido.

Adicionalmente, según la metodología utilizada se evaluará el tiempo total de alistamiento para cada heurística y su correspondiente incremento porcentual. Por tanto, el indicador de servicio se consideró el porcentaje de cumplimiento de pedidos alistados.

6.2. Gestión del nivel de inventario en el centro de distribución

La elaboración de este modelo de control, inicia con un análisis de tendencia de la demanda, usando una muestra representativa de 12 semanas. De este análisis se obtiene que la serie de tiempo de los registros de demanda suministrados cumplen con un patrón estable y, dado lo anterior, se determina usar el sistema de pronóstico de promedio móvil como se observa en la Figura 8.



*Figura 8. Demanda histórica de productos.
Fuente: Elaboración propia.*

Acorde con los objetivos del proyecto, se planteó un sistema de control periódico (R, S) para los inventarios manejados en la bodega del centro de distribución; cuyo fin, es el de establecer un nivel máximo de almacenamiento por cada

producto activo y ejercer un control sobre este dentro de la bodega del centro de distribución.

Se construyó una hoja electrónica de cálculo, en la cual se organizaron los datos de la demanda diaria y el costo unitario para obtener la participación de cada producto y, así, clasificarlos en clases ABC. Para este criterio de clasificación ABC, según (Vidal, 2010), se recomiendan los siguientes rangos de porcentajes: para la Clase A, 18% del total de ítems y 70% de ingreso total por ventas. Clase B, 30% del total de ítems y 20% de ingreso total por ventas. Clase C, 52% del total de ítems y 10% de ingreso totales por ventas. Se toman los siguientes porcentajes para las cantidades productos de cada clase como se observa en la Figura 9.

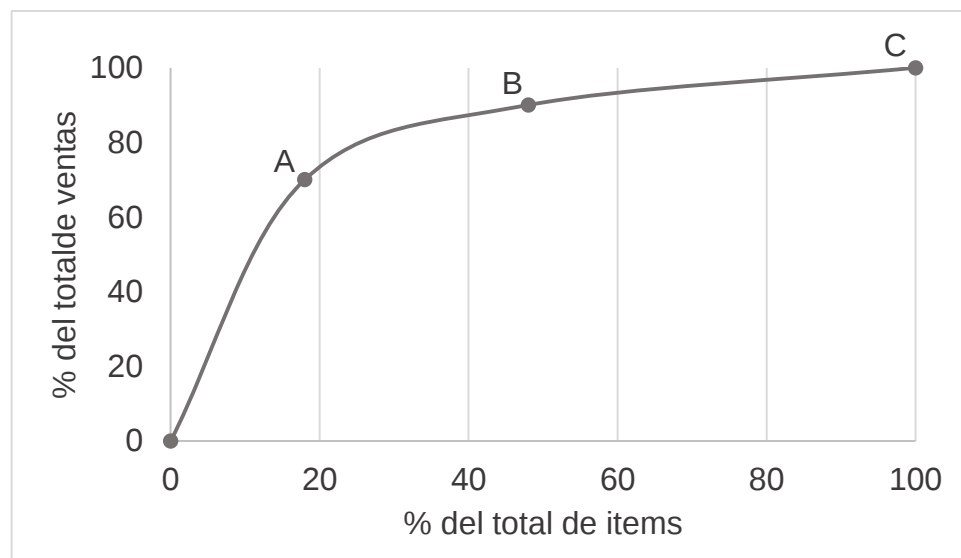


Figura 9. Comportamiento del porcentaje de ventas anuales con respecto del porcentaje de ítem: Clasificación ABC.

Fuente: Adaptado de (Vidal Holguín, 2010), con datos del proyecto.

Con dicha clasificación, se asume el periodo R de revisión del inventario, teniendo como referencia los tipos de clase de cada producto almacenado de la siguiente manera: Clase A, R = 1 semana, Clase B, R = 2 semanas y Clase C, R = 4 semanas. Además, la información del tiempo de espera por parte de los

proveedores es suministrado por la empresa y se tiene de la siguiente manera; se agrupan los proveedores en tres categorías: locales, nacionales e internacionales.

Luego, se calcula el inventario máximo a mantener de cada producto, mediante un nivel de servicio asignado de $P_1 = 98\%$, con un $k = 2$:

$$\text{Inventario máximo} = d \times (R + L) + k\sigma_{R+L} \quad (1)$$

d : demanda

R : tiempo de revisión

L : Lead Time

k : valor asociado al nivel de servicio

σ_{R+L} : desviación estándar

Tabla 1. Ejemplo consolidación de datos modelo de control (R, S)

No.	Referencia Producto	Demanda Histórica Semanal	Desviación Estándar	Revisión	Lead Time (Días)	Inventario Máximo
.	.	.	.	.	.	.
9	250400	25,67	5,97	1	2	46,91
10	250401	26,25	6,35	1	2	48,55
11	250394	46,16	11,83	1	2	86,91
12	560720	23,67	6,27	1	5	55,18
	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.
183	20499	29	16,52	2	2	117,60
184	270633	27	25,66	2	2	141,99
185	20400	40	34,68	1	2	131,78
	.	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.

Fuente: Elaboración propia, datos suministrados por el centro de distribución

Una vez se obtienen los niveles máximos de inventarios para los productos activos, se calculan las necesidades de almacenamiento. El resultado obtenido es

de una necesidad de 1687 posiciones, sobrepasando la capacidad actual de la bodega.

Con el fin de obtener una distribución que permita una preparación de pedidos más eficiente, se analizaron los métodos de almacenamiento dedicado que se utilizan en los centros de distribución, para resolver el problema de asignación de los productos en la bodega.

6.3. Método Índice Cúbico por Pedido (COI)

Según estudios de los métodos de almacenamiento dedicado, comúnmente utilizados en los centros de distribución, para resolver el problema de asignación de los productos al interior de una bodega se destaca el índice COI (*cube per order index*). Se opta por aplicar dicho método de almacenamiento dedicado en este proyecto, gracias a que en la práctica se obtienen resultados como la distancia más corta a recorrer por orden, tiempo más bajo por viaje de recolección de pedido y espacio mínimo total requerido para el almacenamiento.

El índice COI, es la razón o proporción del espacio por ocupar requerido en promedio por el producto para su almacenamiento, sobre el número promedio de pedidos diarios en los que se solicita el artículo (Ballou, 2004). El objetivo del método es cargar el espacio del almacén, de manera tal, que el inventario de mayor volumen se desplace la distancia más corta posible.

$$COI = \frac{\text{Espacio de almacenamiento requerido [unidades}^3\text{]}}{\text{Número promedio de pedidos diarios}} \quad (2)$$

Con los registros de demanda diaria de la empresa, se utiliza para cada producto una muestra representativa de 84 días del año (12 semanas). Con la ayuda del nivel de inventario máximo, se calcula el número promedio de estibas que se requiere para cada producto en un día típico de operación; así, se obtiene entonces el índice para cada uno de los productos, dando lugar a una nueva clasificación de los productos según esta metodología.

Tabla 2. Ejemplo de cálculo del índice COI

No.	Referencia	Tamaño Del Artículo (mt3) (1)	Inventario De Unidades Promedio (2)	Pedidos Por Día (3)	COI (1) * (2) (3)
6	560257	0,00945	66	72	0,09
7	20155	0,00675	72	81	0,010
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
1108	360248	0,03219	27	2	0,432
1109	20102	0,072	12	2	0,434
1110	730154	0,0225	78	4	0,436
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.

Fuente Elaboración propia, con datos del centro de distribución

Según el valor del índice COI, para cada producto se determina la cercanía a la zona de preparación o alistamiento de pedido; entre más pequeño el índice, se debe ubicar el producto más cerca de la zona de alistamiento. El índice COI, aplicado a la determinación de la ubicación de los productos al interior del almacén; siguiendo el orden definido por este índice, se ubican de menor a mayor cercanía los productos en las estanterías, la distribución de los ítems se hace ubicándolos de forma paralela a la zona de alistamiento, primero los de menor índice COI en color rojo, los de color azul con un índice COI intermedio y sin color los de mayor índice.

Teniendo la asignación de la posición física de los productos en el almacén, se inicia el proceso de recolección de los pedidos, como se observa en la Figura 10, este es el escenario de un día típico donde los bloques en gris son los ítems solicitados de un pedido típico en la empresa, evidenciando que la mayor cantidad de puntos de recogida son cercanos a la zona de alistamiento, para un día típico. La razón por la cual se ubican los productos así, está relacionada con el objetivo de recorrer una menor distancia en el proceso de recolección, debido a que en un

día típico, la mayor parte de las posiciones a visitar se encuentran en el primer bloque de color rojo y azul.

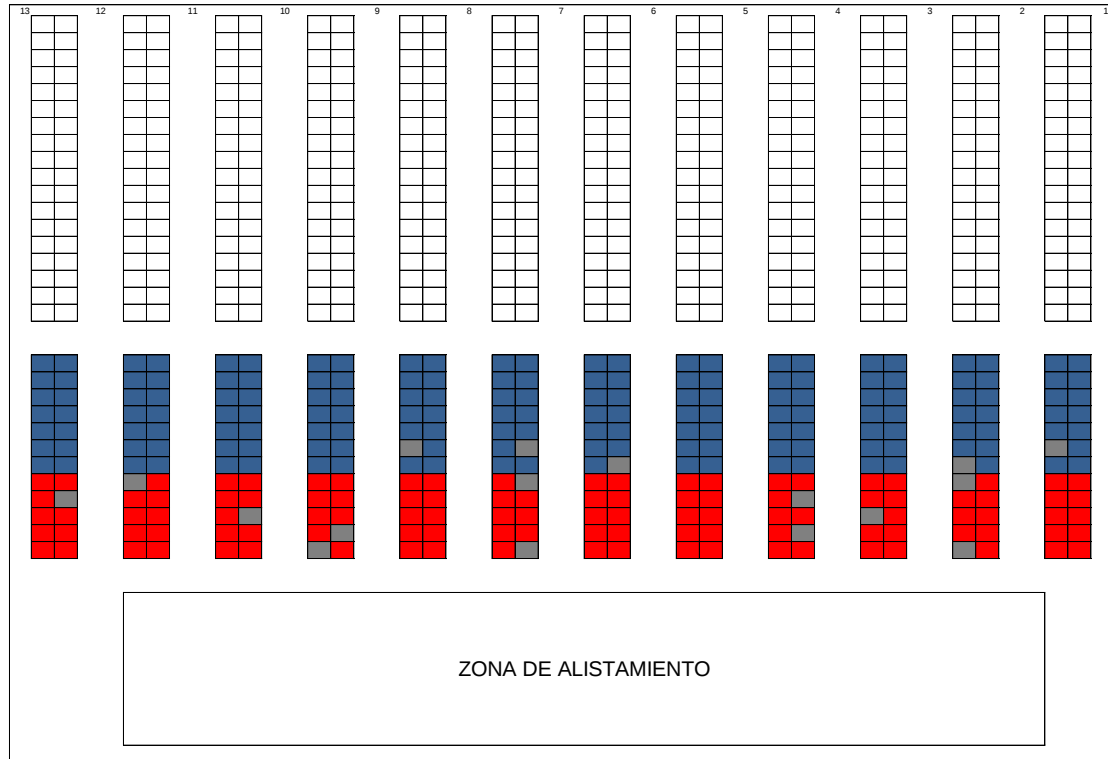


Figura 10. Distribución de almacén mediante índice COI.

Fuente: elaboración propia.

6.4. Sistema de recolección de pedidos

El eje central del trabajo de grado se constituye a lo largo de este apartado, definiendo un sistema de recolección que permita contribuir al aumento del nivel de servicio con una reducción de tiempos y distancias de alistamiento de pedidos.

Bajo este concepto se analizaron dos heurísticas (S-Shape y Largest Gap), se construyó un modelo de simulación donde se calculan las distancias recorridas por los operarios para cumplir con la recolección de pedido en los escenarios descritos en el punto 6.4.3 (día típico, optimista y pesimista), siendo un día normal, un día con alta demanda y uno con baja demanda, respectivamente.

6.4.1. Heurística S-Shape

Se construye el modelo de simulación siguiendo la metodología basada en (Roodberguen & De Koster, 2001). A continuación se describe un paso a paso que sigue el modelo, adaptado a la empresa caso de estudio:

1. Diríjase al pasillo principal más cercano a la zona de alistamiento o inicial que contiene al menos un artículo.
2. Atraviese el pasillo hasta el bloque más alejado que al menos contenga un producto.
3. Vaya al pasillo continuo más cercano en donde se contenga algún producto.
4. Diríjase de un pasillo a otro y atraviése cada bloque que contenga un elemento, después de tomar el último artículo, regrese al frente del bloque.
5. Si el bloque no contiene productos, recorra el pasillo de este bloque que está más cerca de la posición actual. Repita los pasos hasta llegar nuevamente al bloque más cercano a la zona de alistamiento o inicial del picking hasta llegar a esta zona.

Nota: Ver paso a paso de los puntos 1 al 5 en la Figura 11.



Figura 11. Ejemplo recorrido S-Shape.

Fuente: Elaboración propia

Para una relación más directa al sistema de recolección tratado, se incluirán dos condiciones más:

6. Durante cada recolección de producto se debe de evaluar si cabe dentro de la capacidad volumétrica de la estiba de recolección, es decir, cada vez que se acumula producto en la estiba se debe evaluar si la suma de estas cantidades no supera la capacidad de la estiba ver Figura 12 en caso de superarse, la estiba con el producto debe de llevarse a la zona de alistamiento y volver con una vacía para así continuar con el picking como se observa en la Figura 13.

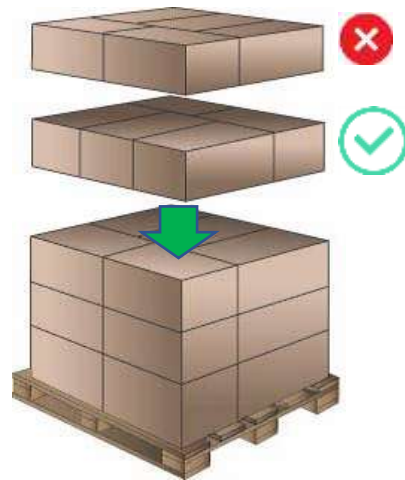


Figura 12. Acumulación de cajas.
Fuente. Elaboración Propia



Figura 13. Recorrido S-Shape con validación de capacidad volumétrica.
Fuente. Elaboración propia.

Cálculo de distancias S-Shape

Para el trabajo propuesto se realizarán tres barridos para cada distancia recorrida, ejes X, Y y Z. Distancia X: como se observa en la Figura 14, si se considera el desplazamiento de cada factor x hasta su zona más lejana, se tendría $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = X$, siendo X la distancia del eje horizontal más lejana que se recorre para tomar el producto más remoto de la zona de alistamiento; por lo tanto, dos veces esta distancia considera la ida y vuelta de la persona encargada de recolectar el pedido.

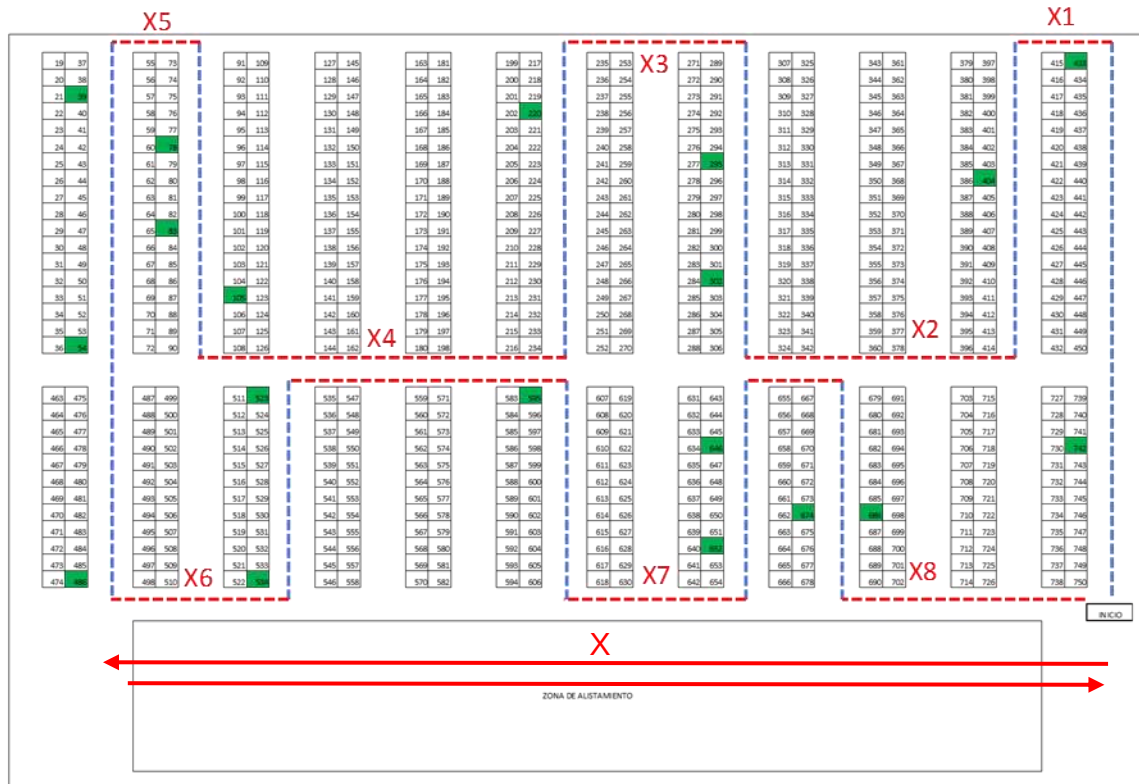
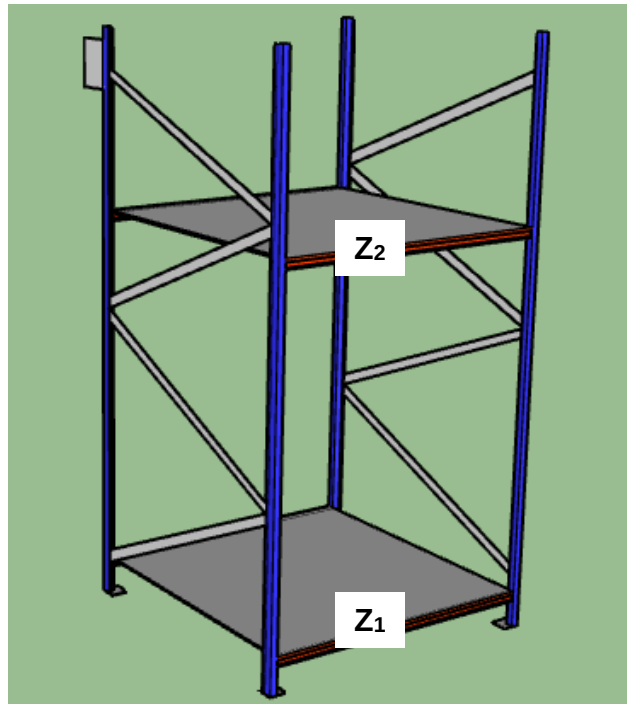


Figura 14. Desplazamiento en el eje X, S-Shape.
Fuente: Elaboración propia

Cada distancia en el eje Y debe de ser evaluada por cada bloque, para este caso de estudio se tienen dos bloques de estanterías, cada producto a recoger presenta

*Figura 15. Desplazamiento en el eje Y.
Fuente: Elaboración propia.*

La distancia Z depende de la altura en la cual se encuentre el producto para ser adquirida como se observa en la Figura 16, para el caso de estudio son solo dos posiciones, cada uno con una altura de 1.6 metros.



*Figura 16. Desplazamiento en el eje Z.
Fuente. Elaboración Propia.*

Adicionalmente, por cada recolección en la cual el volumen acumulado de los productos supere al de la estiba, se deben de adicionar los valores correspondientes a los ejes X- Y, para posicionar la estiba con producto en la zona de alistamiento y tomar una estiba vacía para proseguir con la recolección en el punto donde quedó.

6.4.2. Largest Gap

Al igual que el método S-Shape, se basa en (Roodberguen & De Koster, 2001) para su análisis de ruta:

1. Diríjase al pasillo principal más cercano a la zona de alistamiento o inicial que contiene al menos un artículo.

2. Atraviese el pasillo hasta el bloque más alejado que al menos contenga un producto.
3. Vaya al pasillo continuo más cercano en donde se contenga algún producto. Diríjase por el pasillo hasta la ubicación del producto y vuelva al inicio del pasillo ingresado. Repita este procedimiento para todos los productos del bloque que no superen la mitad de la trayectoria.
4. Si el bloque no contiene productos, recorra el pasillo de este bloque que está más cerca de la posición actual.
5. Vaya al pasillo inverso continuo más cercano en donde se contenga algún producto. Diríjase por el pasillo hasta la ubicación del producto y vuelva al inicio del pasillo ingresado (es decir, por el otro lado del bloque). Repita este procedimiento para todos los productos del bloque que no superen la mitad de la trayectoria.
6. Repita los pasos hasta llegar nuevamente al bloque más cercano a la zona de alistamiento o inicial del picking hasta llegar a esta zona.
7. Durante cada recolección de producto se debe de evaluar si cabe dentro de la capacidad volumétrica de la estiba de recolección, es decir, cada vez que se acumula producto en la estiba se debe evaluar si la suma de estas cantidades no supera la capacidad de la estiba ver Figura 12. En caso de superarse la estiba con el producto, debe llevarse a la zona de alistamiento y volver con una vacía para así continuar con el picking ver Figura 13.

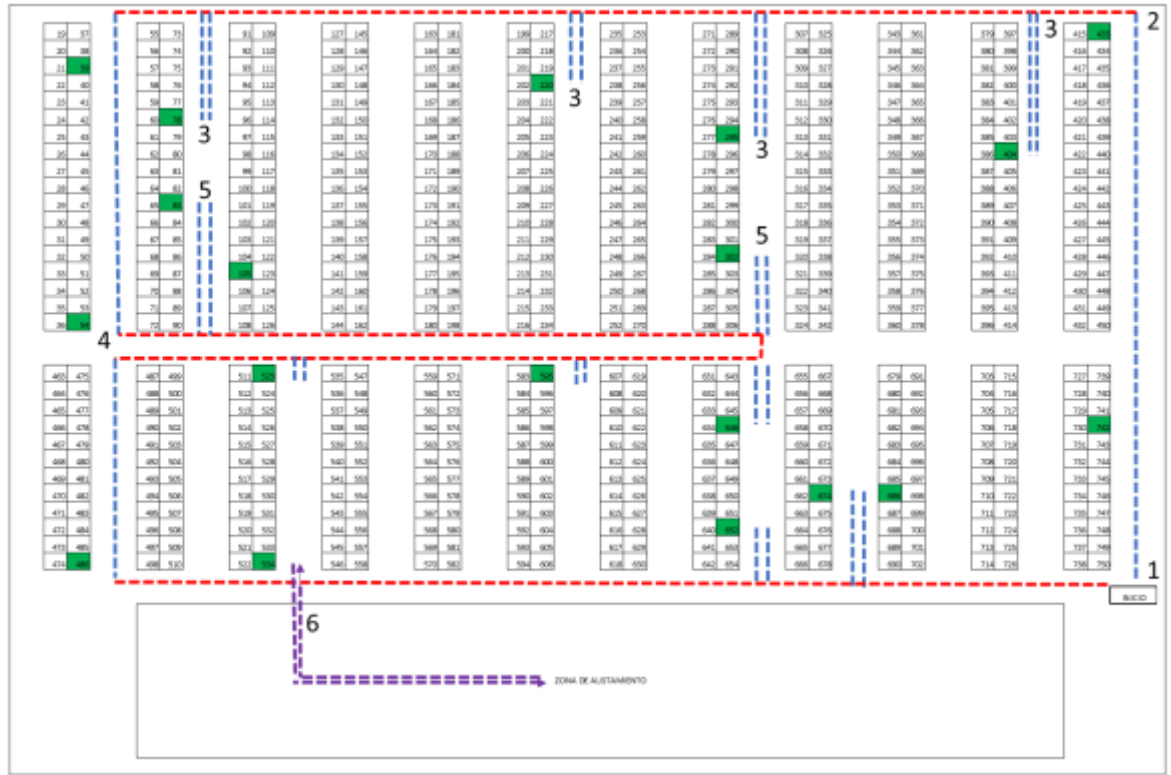


Figura 17. Recorrido con validación de capacidad volumétrica.
Fuente. Elaboración propia.

Distancias Largest Gap

Al igual que en las distancias calculadas mediante el S-Shape, se hacen barridos de distancias recorridas en los ejes X, Y y Z. En la distancia X, deben tenerse en cuenta los desplazamientos de ida y retorno de cada pasillo. Para este caso de estudio, se tienen cuatro desplazamientos: X_1 , X_2 , X_3 y X_4 ; cada distancia se puede calcular con los puntos mínimos y máximos de cada pasillo, ver Figura 18.

$$X_4 = \text{Max}(X_4) \quad (5)$$

$$X_3 = |\text{Max}(X_4) - \text{Min}(X_3)| \quad (6)$$

$$X_2 = |\text{Max}(X_2) - \text{Min}(X_3)| \quad (7)$$

$$X_1 = \text{Max}(X_2) \quad (8)$$

$$X = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \quad (9)$$

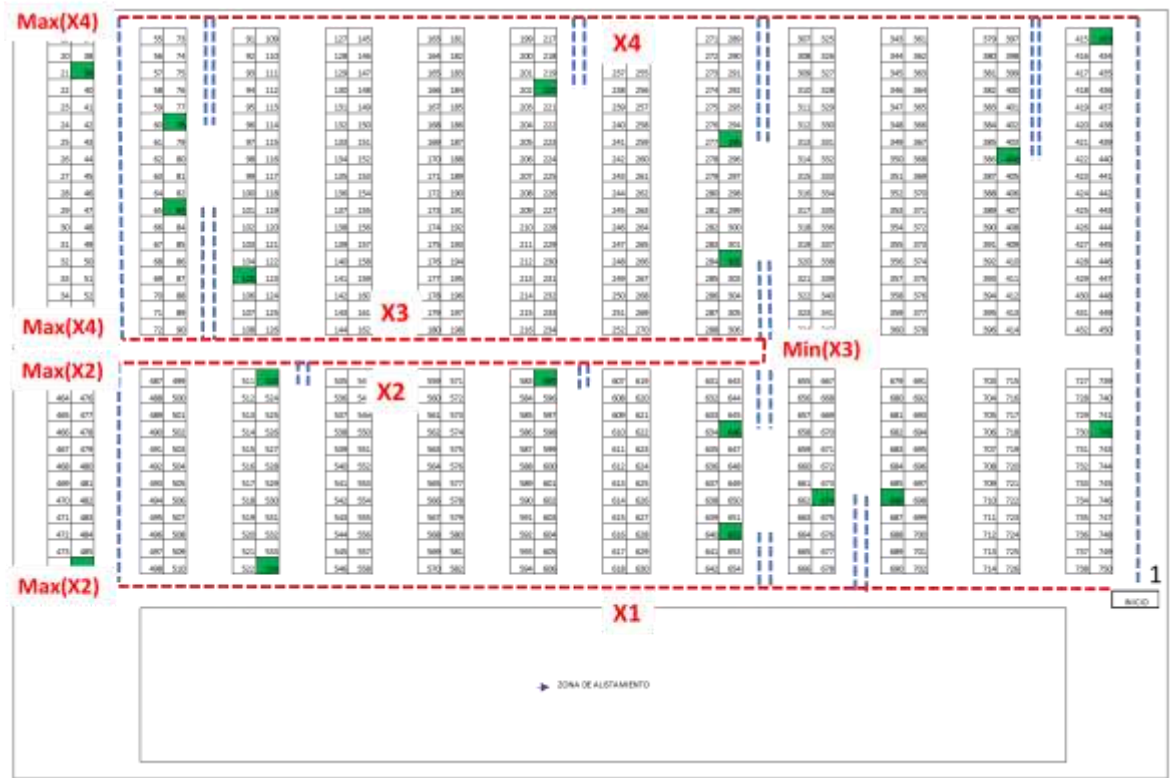


Figura 18. Desplazamiento en el eje X.
Fuente: Elaboración propia.

Las distancias en Y son evaluadas por bloques, sin embargo, la decisión de tomar el producto por la parte superior o inferior del bloque depende de la proximidad a cada extremo, por tanto, cuando se realiza el proceso de recolección si el operario está ubicado a una distancia más corta por la parte superior del bloque procede a tomar el producto, de lo contrario, se dirigirá por la parte inferior para su recolección ver Figura 19.

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_{14} \quad (10)$$

Téngase en cuenta que cada distancia desde la entrada del pasillo hasta la posición del producto requiere un recorrido de ida y vuelta, de donde se infiere que dos veces esta magnitud incluye el desplazamiento hacia el producto más lejano.

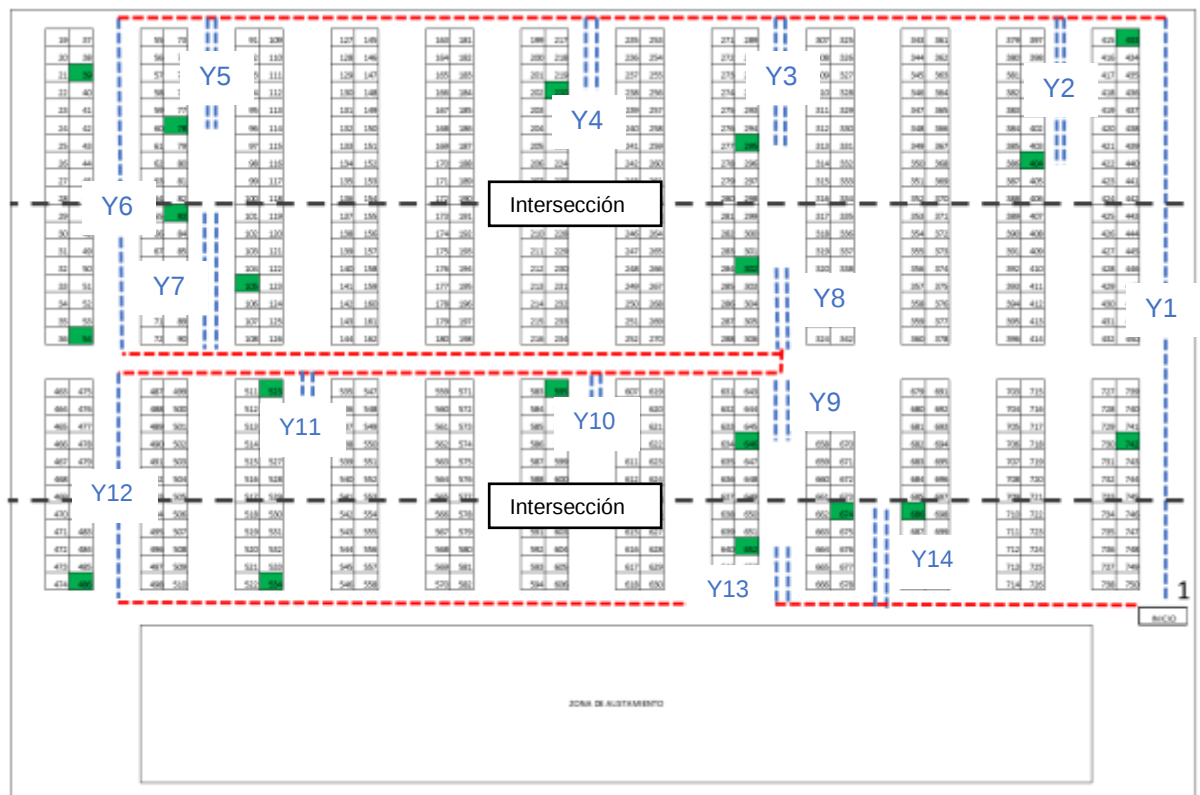


Figura 19. Desplazamiento en el eje Y.
Fuente: Elaboración propia.

Para la distancia en Z, se aplica el mismo principio del método S-Shape, (depende de la altura en la cual se encuentre el producto para ser adquirida), para el caso de estudio son solo dos posiciones, cada uno con una altura de 1.6 metros.

6.4.3. Evaluación de pedidos

Para la evaluación de la eficiencia de las rutas de alistamiento, en términos pedidos alistados por tiempo total, se considera la distribución física propuesta de la bodega como se observa en la Figura 20 evaluando el primer escenario como el día típico de pedido que presenta la empresa actualmente, es decir que el día típico se compone; de un número de pedidos promedio que atiende la empresa actualmente, el código de la referencia del producto y su respectiva cantidad requerida en cada uno de los pedidos mencionados. Además, para evaluar la eficiencia del modelo se consideran dos escenarios más, uno con una demanda

promedio alta (día típico optimista) y un escenario donde la empresa presenta un día de demanda promedio baja en la empresa (día típico pesimista). Para ello se evalúan los datos de ventas entregados por la empresa y se estiman para cada escenario, los siguientes parámetros, mediante las heurísticas mencionadas, como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Escenarios de demanda.

Tipo de demanda	Cantidad de pedidos
Típica	78
Alta	98
Baja	55

Fuente Elaboración propia, con datos del centro de distribución

Parámetros:

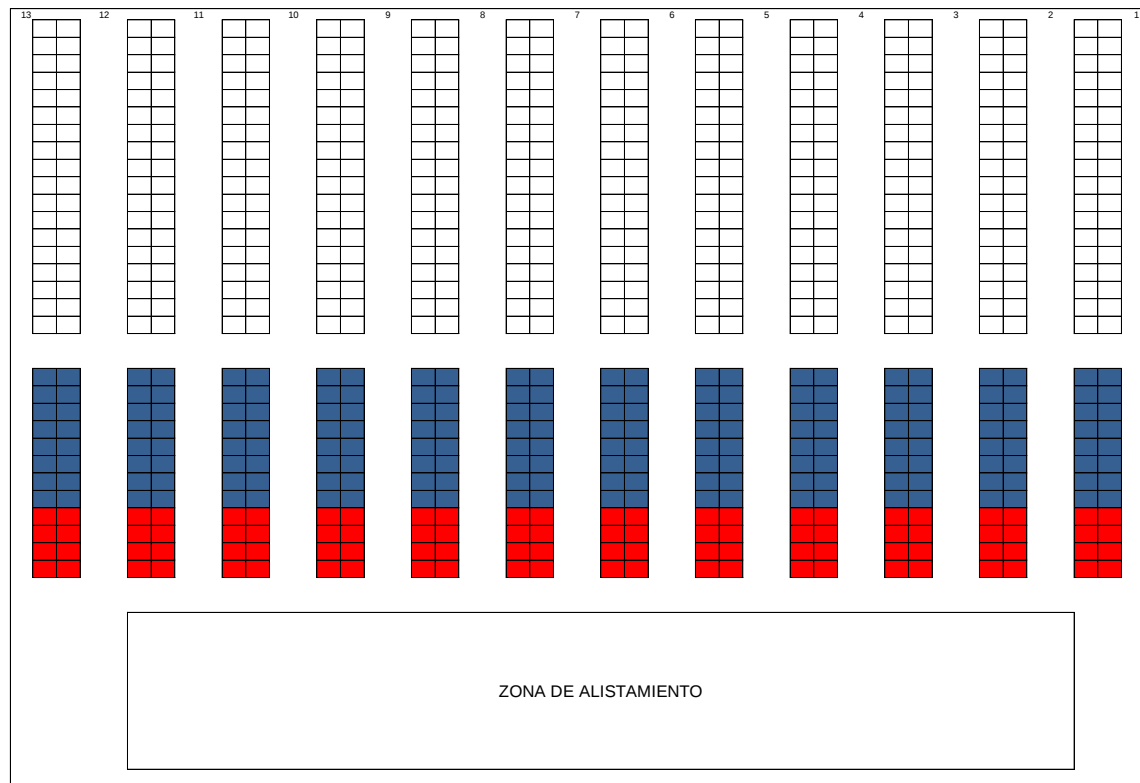
- Distancia de recorrido: consideran los metros recorridos del operario en su elevador Crown desde su posición inicial hasta la zona de alistamiento del pedido.
- Tiempo de recorrido: tiempo transcurrido mientras el vehículo se encuentra en movimiento hasta llegar a cada posición donde se encuentra el producto.
- Tiempo de cargue: tiempo empleado para el descargue de los productos almacenados requeridos en los pedidos.
- Tiempo suplementario: tiempos utilizados para pausa activa, idas al baño, refrigerios, entre otros.

Una vez establecidos dichos parámetros de estudio se procede a simular los métodos Largest Gap y S-Shape, de tal manera que se pueda identificar el método que permita reducir las distancias recorridas y los tiempos totales de operación.

6.4.4. Evaluación de pedidos basados en COI

Utilizando una distribución de onda expansiva, se procede a reubicar los productos tomando como base el índice COI, haciendo una nueva reclasificación para los productos en clases ABC. La nueva redistribución es observada en la gráfica Q;

siguiendo la línea tratada, los productos de menor índice COI son organizados en las estanterías de color rojo, los de índice COI medio en las estanterías demarcadas con el color azul y de mayor índice COI en las posiciones de color blanco.



*Figura 20. Distribución propuesta de productos.
Fuente. Elaboración propia*

Se procede a crear los parámetros de la sección anterior (distancias y tiempos de recorrido). Se asumen con igual trascendencia la cantidad de pedidos, las rutas y tiempos de cargue, de tal manera que se pueda simular si la distribución planteada presenta un ahorro significativo en distancias y tiempos de operación. Adicionalmente se consideran nuevamente tres escenarios: el de trayectoria normal, con una cantidad de 78 pedidos; el optimista, con un alcance de alistamiento de 98 pedidos y uno pesimista, con 55 pedidos alistados.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La empresa caso de estudio donde se desarrolló el trabajo de grado, tiene una operación logística notable, atendiendo un promedio un mercado de 2000 clientes, posee 1234 ítems activos y cuenta con una bodega de un área total de 2832 metros cuadrados. No se cuenta con indicadores de desempeño, metodologías de recolección de productos, y la ubicación de los productos se realiza con base en el conocimiento empírico de sus trabajadores.

En el análisis del manejo de los inventarios de la empresa, en el comportamiento de la demanda histórica de los productos almacenados, se encontró una tendencia estable de la serie de tiempo de los registros suministrados como se observa en la Figura 8. Esto permitió efectuar el modelo de control periódico (R, S) bajo un nivel de servicio determinado $P_1 = 98\%$, con el fin de dar un parámetro de control y obtener las cantidades de inventario a mantener en el almacén, que da una claridad a la empresa al momento de realizar la recolección de los pedidos no contará con faltantes de productos en su almacén.

Una vez se determinaron las posiciones de cada ítem como se observa en el Anexo 1. Coordinadas de productos. y las cantidades de inventario a mantener en la bodega como se observa en el ejemplo de la Tabla 1, se analizaron los resultados obtenidos de los escenarios de demanda; día típico, día típico pesimista y optimista. Se realizó una simulación de la recolección de los pedidos con los modelos Largest Gap y S-Shape, bajo la configuración de la bodega dada por el índice COI.

Dentro de la simulación por escenarios, se obtuvieron los tiempos totales de alistamiento para las cantidades de pedido asociadas, posteriormente se calculó el tiempo empleado para alistar un pedido, dichos resultados son mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4. Análisis de tiempo de operación para tres escenarios.

Escenario	Pedidos	Tiempo (min)		Minutos / Pedido	
		Largest Gap	S - Shape	Largest Gap	S – Shape
Típico	78	1.309,05	1.431,43	16,78	18,35
Optimista	98	1.656,98	1.792,43	16,91	18,29
Pesimista	55	902,77	982,80	16,41	17,87
Promedio	77	1289.6	1402.2	16.70	18.17

Fuente Elaboración propia.

Analizando los resultados de la heurística largest Gap se obtuvo un tiempo promedio de 16,70 minutos para el alistamiento de un pedido, adicionalmente, considerando una jornada laboral de 8 horas (480 minutos) se puede estimar una cantidad máxima de preparación de 115 pedidos al día, lo cual comparado con el heurístico S-shape y su tiempo promedio de alistamiento de 18,17 minutos para el alistamiento de un pedido, se obtuvo una preparación de 106 pedidos día, equivalentes a una reducción de 7,8%.

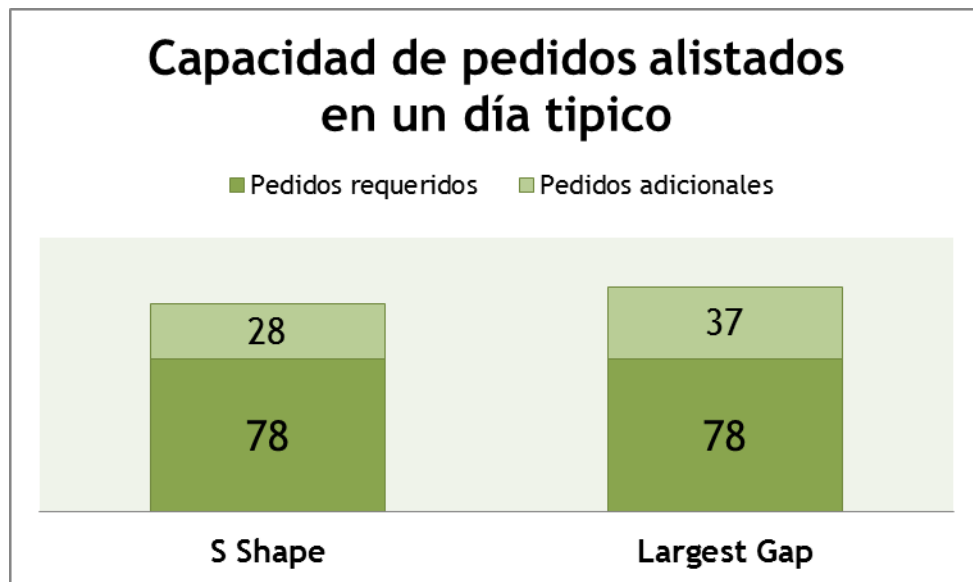


Figura 21. Comparación de la capacidad de las heurísticas evaluadas respecto al tiempo de recolección.

Fuente: Elaboración propia.

En términos de comparación con el día típico evaluado, se obtuvo una eficiencia superior del 32.2% para el Largest gap y un 26,4% para el S-shape, esto indica que una mejor planeación y la aplicación de los métodos de ruteo para el alistamiento de pedidos aumenta la cantidad de pedidos alistados, aumentando el alcance de la recolección para contribuir en el aumento del nivel de satisfacción a los clientes, es decir, se pueden atender más clientes que requieren productos almacenados. Como se observa en la Figura 21, se pueden alistar una mayor cantidad de pedidos, 28 y 37 con las metodologías S-Shape y Largest Gap respectivamente, evaluadas en un día típico promedio, sin incurrir en costos adicionales.

Por otra parte, el análisis global del tiempo empleado para cubrir el número de pedidos en los tres escenarios ratifica una reducción de tiempo por parte del modelo Largest Gap referente al modelo S-Shape. Como se puede observar en la Tabla 5, se obtiene que para el día típico la heurística Largest Gap tiene una eficiencia mayor del 9,35% respecto al S-Shape, y para los escenarios donde la demanda es mayor (día optimista) aunque tiene una eficiencia menor del 8,17%, el modelo Largest Gap continúa teniendo un mejor desempeño comparado con el S-Shape, y para el caso del día típico pesimista una eficiencia del 8,86% como se observa en la Tabla 5.

Tabla 5. Diferencia porcentual de los tiempos (modelos propuestos S-Shape y Largest Gap)

Escenario	Tiempo		
	Largest Gap	S - Shape	[%]
Típico	1.309,05	1.431,43	9,35%
Optimista	1.656,98	1.792,43	8,17%
Pesimista	902,77	982,80	8,86%

Fuente: elaboración propia.

Las tablas siguientes presentan un análisis de la distribución de las tasas de ocupación de los operarios a partir de los resultados obtenidos por las dos metodologías. Como se puede observar los Anexo 2Anexo 3Anexo 4Anexo 5Anexo 6 se calculó la distancia recorrida y tiempo total que incluye

desplazamiento, cargue y suplementos, para cada operario en los escenarios de día típico, optimista y pesimista. Se considera que el tiempo total para cumplir con la recolección de 78 pedidos, correspondientes a un día típico de trabajo, es 2,73 jornadas laborales-hombre¹ (JLH) para la metodología Largest Gap y de 2,98 JLH para la metodología S-Shape. Lo anterior indica que la metodología Largest Gap presenta una mayor eficiencia en el tiempo de la recolección de pedidos, a saber, del 8,5%.

Tabla 6. Evaluación de día típico por operario.

Operario	Pedidos	Tiempo Total [h]		Tasa de ocupación [JLH]	
		Largest Gap	S-Shape	Largest Gap	S-Shape
1	22	6,48	7,00	0,81	0,88
2	17	4,59	4,93	0,57	0,62
3	20	5,60	6,14	0,70	0,77
4	19	5,15	5,79	0,64	0,72
TOTAL	78	21,82	23,86	2,73	2,98

Fuente: Elaboración propia

Operario	Largest Gap Escenario 1			Largest Gap Escenario 2		
	Pedidos	Tasa de ocupación [JLH]	Porcentaje [JLH]	Pedidos	Tasa de ocupación [JLH]	Porcentaje [JLH]
Operario 1	22	0,81	20%	26	0,91	30%
Operario 2	17	0,57	14%	26	0,91	30%
Operario 3	20	0,70	18%	26	0,91	30%
Operario 4	19	0,64	16%	0	0	0%
Cap. No Utilizada	0	1.27	32%	0	1.27	42%
TOTAL	78	2,73	100%	78	2,73	
	Capacidad Disponible	4		Capacidad Disponible	3	

¹ Una jornada laboral-hombre (JLH) corresponde al trabajo de un empleado durante 8 horas.

Tabla 7. Evaluación de día típico por operario.

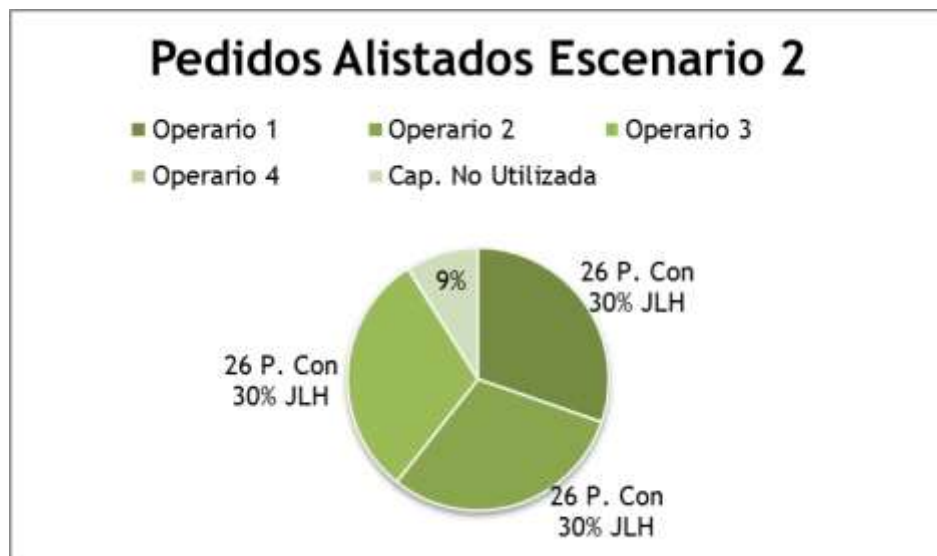
Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 7 indica un análisis bajo las siguientes consideraciones: (1) se asume que la compañía utiliza la metodología Largest Gap para la recolección de los pedidos. (2) se asume dos escenarios, para los cuatro empleados disponibles en la compañía; en el primero, todos los empleados están disponibles; en el segundo, se tienen solamente 3 empleados, por último (3) los cuatro empleados representan una capacidad de 4 JLH. Dado lo anterior, la tabla 7 analiza la distribución de las tasas de ocupación para los empleados en un día típico utilizando la metodología Largest Gap. Los datos mostrados en la columna Pedidos (esc. 1) son los promedios de pedidos realizados por cada uno de los empleados (suministrados por la compañía).



Figura 22. Pedidos alistados escenario 1 (Capacidad 4 operarios)

Fuente: Elaboración propia



*Figura 23. Pedidos alistados escenario 2 (Capacidad 3 operarios)
Fuente: Elaboración propia*

La Figura 22 muestra la distribución de las tasas de ocupación de los empleados para el escenario 1, mientras que la Figura 23 muestra la tasa de ocupación para el escenario 2. En la Figura 22 se puede observar que los empleados cuentan con una capacidad no utilizada, correspondiente al 32% de los JLH disponibles. Por otra parte, en el escenario 2, en la Figura 23 se asume que solo se tienen 3 empleados, es decir, una capacidad de 3 JLH. Por lo tanto, gracias a los resultados de la metodología Largest Gap, utilizando 0,91 JLH por cada empleado se logra cumplir con los 78 pedidos. Esto indica que ahora con 3 empleados, la compañía contaría con 0,27JLH para realizar otras actividades. Y si el 4 empleado estuviera disponible, se tendría 1,27 JLH para realizar otras actividades o para aumentar el número de pedidos. Es decir, la capacidad no utilizada se redujo del 32% al 9%, mediante el uso de la metodología Largest Gap.

Para la evaluación por operario del día pesimista, se obtuvo un resultado destacado, dado que la demanda al ser baja, en este caso un total de 55 pedidos como se puede ver en la tabla 8, el resultado de la tasa de ocupación del operario analizado para las metodologías Largest Gap y S-Shape se diferencia tan solo de 0,12 JLH. Sin embargo, considerando el tiempo total requerido para realizar la

recolección, se puede concluir que con el modelo Largest Gap ahorra aproximadamente una hora de operación.

Tabla 8. Evaluación de día pesimista por operario.

Operario	Pedidos	Tiempo Total (h)		Tasa de ocupación [JLH]	
		Largest Gap	S-Shape	Largest Gap	S-Shape
1	14	4,13	4,53	0,52	0,57
2	13	3,40	3,76	0,42	0,47
3	16	4,51	4,92	0,56	0,61
4	12	3,01	3,18	0,38	0,40
TOTAL	55	15,05	16,38	1,88	2,0

Fuente: Elaboración propia.

Evaluando el desempeño de las metodologías estudiadas para un escenario de un día típico optimista, en este caso de 98 pedidos bajo la metodología Largest Gap se obtuvo un ahorro alrededor de dos horas para la operación de alistamiento de pedido. Además, como se puede ver en la Tabla 9, la tasa de ocupación de los operarios con la metodología Largest Gap es de 3,5 JLH mientras que con el método S-Shape es de 3,7 JLH, es decir, la metodología Largest Gap permite realizar la operación completa con 0,2 JLH menos.

Tabla 9. Evaluación de día optimista por operario.

Operario	Pedidos	Tiempo Total (h)		Tasa de ocupación [JLH]	
		Largest Gap	S-Shape	Largest Gap	S-Shape
1	25	7,32	7,94	0,92	0,99
2	24	6,48	6,95	0,81	0,87
3	23	6,44	7,02	0,81	0,88
4	26	7,38	7,96	0,92	1,00
TOTAL	98	27,62	29,87	3,5	3,7

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, el análisis global de la distancia recorrida para cumplir con el número de pedidos en los tres escenarios ratifica una reducción de tiempo por parte del modelo Largest Gap referente al modelo S-Shape. Como se puede observar en la Tabla 5, se obtuvo que para el día típico la heurística Largest Gap

tiene una eficiencia mayor del 52.28% respecto al S-Shape, y para los escenarios donde la demanda es mayor (día optimista) aunque tiene una eficiencia menor, el modelo Largest Gap continúa teniendo un mejor desempeño comparado con el S-Shape, como se observa en la Tabla 10, las distancias recorridas con la metodología S-Shape debido a que según el recorrido que realiza con este método obliga a realizar el recorrido completo de la estantería sin considerar si es necesario este desplazamiento, para la reducción de tiempos.

Tabla 10. Diferencia porcentual de las distancias (modelos propuestos S-Shape y Largest Gap)

Escenario	Distancia		
	Largest Gap	S - Shape	[%]
Típico	17,736.00	27,007.60	52.28%
Optimista	23,691.60	33,954.00	43.32%
Pesimista	12,426.40	19,237.60	54.81%

Fuente: Elaboración propia.

8. CONCLUSIONES

Cuando se planea el proceso de recolección de órdenes en un almacén, es fundamental tener en consideración aspectos como la distribución adecuada de los productos con métodos de disposición definidos, el método de enrutamiento del recolector de pedidos, lo cual determina la mejor secuencia de lugares para la recolección de las órdenes de productos. Estas relaciones resultan importantes si se desea hacer un manejo eficiente de las operaciones de recolección al interior de un almacén, representando un impacto importante en el tiempo y la distancia total de desplazamiento.

El nivel de almacenamiento dado por el modelo de control para la bodega sugiere una necesidad de almacenamiento superior a la capacidad. Sin embargo se concluye que la necesidad de almacenamiento se puede ver afectada por el periodo específico de demanda estudiado, promociones, descuentos y otras situaciones que afectan externamente al modelo.

En este caso el ahorro en el tiempo total entre los sistemas de recolección es bajo, ya que la mayor parte de este tiempo es representado por el tiempo total de cargue de los productos, es decir que si se logra una disminución significativa en las operaciones de cargue, se podrá lograr un mayor ahorro en los tiempos totales de operación.

El desarrollo de los métodos de análisis y simulación utilizados, con el fin de determinar la estrategia de recolección de órdenes del centro de distribución del caso estudio más eficiente entre ellas, permitieron integrar los efectos de las políticas de almacenamiento, clasificación y asignación de posiciones al interior del almacén.

Al comparar el desempeño de la heurística Largest Gap con la S-Shape, se evidencia que la diferencia no es muy significativa. Esto se debe a que la disposición del almacén y que la muestra de la demanda histórica es reducida para tener una visión más amplia de los resultados de cada una de las heurísticas.

Los resultados obtenidos al evaluar la propuesta de recolección con la heurística de Largest Gap, sugieren que el porcentaje de pedidos preparados a tiempo puede aumentar al 30,9% si se usan los criterios adecuados para almacenamiento, además una adecuada programación del recurso mano de obra.

La metodología Largest Gap para la planeación de la recolección de los pedidos, permitió redistribuir la capacidad no utilizada de los empleados, la cual se redujo del 32% (para 4 empleados disponibles) al 9% (para 3 empleados disponibles), cumpliendo con los 78 pedidos de recolección para en un día típico con una menor cantidad de recursos.

Las metodologías para la recolección de pedidos, en este caso Largest Gap y S-Shape, brindan la posibilidad de planear las actividades a realizar dentro de los centros de distribución, estimando los recursos requeridos para ejecutar las tareas de recolección de pedidos.

9. ESTUDIOS FUTUROS

Para investigaciones futuras en el presente caso de estudio se tiene en cuenta lo siguiente:

En este trabajo se tuvo en cuenta una disponibilidad continua de productos, por lo tanto, para estudios posteriores se podría considerar los efectos de una política de inventarios para un periodo de operación futuro y estudiar el efecto de los faltantes sobre los tiempos de recolección de órdenes de pedido.

Dado que se realizó un análisis para un periodo específico, se podría realizar una investigación futura considerando un análisis en un lapso más amplio que permita comparar la variabilidad entre las heurísticas y mostrar el dinamismo que tienen.

Por otra parte se puede considerar la aplicación de modelos matemáticos de programación o modelos de optimización y con el fin de encontrar rutas óptimas o mejores soluciones para la recolección de órdenes.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Asl-Najafi, J., Zahiri, B., Bozorgi-Amiri, A., & Taheri-Moghaddam, A. (2015). A dynamic closed-loop location-inventory problem under disruption risk. *Computers and Industrial Engineering*, 90, 414-428.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística Administración de la Cadena de Suministro*. México : Pearson Educación.
- Barrow, D., & Kourentzes, N. (2016). Distributions of forecasting errors of forecast combinations: Implications for inventory management. *International Journal of Production Economics*, 177, pp. 24-33.
- Chew, E., & Tang, L. (1999). Travel time analysis for general item location assignment in a rectangular warehouse. *European Journal of Operational Research*, 112(3), pp. 582-597.
- de Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 182(2), pp. 481-501.
- Díaz, C. E., Arias, J., & Osorio, H. (2014). Logistics process improvement of warehousing and picking in a colombian company textile sector. *DYNA* 81 (186), 267-275.
- Giannikas, V., Lu, W., Robertson, B., & McFarlane, D. (2017). An interventionist strategy for warehouse order picking: Evidence from two case studies. *International Journal of Production Economics*, 189, pp. 63-76.
- Hassini, E. (2008). Storage space allocation to maximize inter-replenishment times. *Computers and Operations Research*, 35(7), 2162-2174.
- Henn, S. (2012). Algorithms for on-line order batching in an order picking warehouse. *Computers & Operations Research*, 39, 2549–2563.
- Hong, S., & Kim, Y. (2017). A route-selecting order batching model with the S-shape routes in a parallel-aisle order picking system. *European Journal of Operational Research*, 257, 185-196.
- Jason, C.-H. P., Po-Hsun, S., & Ming-Hung, W. (2015). Order batching in a pick-and-pass warehousing system with group genetic algorithm. *Omega*, 57, 238-248.
- Jiaxi, L., Mohsen, M., & Shimon, Y. N. (2016). Dynamic storage assignment with product affinity and ABC classification—a case study. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84, 2179-2194.

- Kutzelnigg, R. (2011). Optimal allocation of goods in a warehouse: Minimizing the order picking costs under real-life constraints. *LINDI 2011 - 3rd IEEE International Symposium on Logistics and Industrial Informatics, Proceedings, Proceedings 6031164*, pp. 65-70.
- Ling-feng, H., & Lihui, T. (2006). The optimum design of a warehouse system on order picking efficiency. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28, 626–637.
- Lu, W., McFarlane, D., Giannikas, V., & Zhang, Q. (2016). An algorithm for dynamic order-picking in warehouse operations. *European Journal of Operational Research*, 248(1), pp. 107-122.
- Malmborg, C. J., & Krishnakumar, B. (1990). A revised proof of optimality for the cube-per-order index rule for stored item location. *Applied Mathematical Modelling, Vol. 14*, 87-95.
- Petersen II, C. G. (1997). An Evaluation of Order Picking Routeing Policies.
- Roodbergen, K. J., & Vis, I. F. (2006). A model for warehouse layout. *IIE Transactions* 38(10), 799-811.
- Roodberguen , & De Koster. (2001). Routing methods for warehouses with multiple cross aisles.
- Scholz, A., Schubert, D., & Wäscher, G. (2017). Order picking with multiple pickers and due dates - Simultaneous solution of Order Batching, Batch Assignment and Sequencing, and Picker Routing Problems. *European Journal of Operational Research*, pp. 1–18.
- Tompkins, J., White, J., Bozer, Y., & Tanchoco, J. (2003). *Facilities Planning*. New York: Wiley.
- Vidal Holguín, C. J. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Ying-Chin, H., Teng-Sheng, S., & Zhi-Bin, S. (2008). Order-batching methods for an order-picking warehouse with two cross aisles. *Computers & Industrial Engineering*, 55, 321–347.
- Zhang, Y. (2016). Correlated Storage Assignment Strategy to reduce Travel Distance in Order Picking. *IFAC-PapersOnLine*, 49(2), pp. 30-35.

11. ANEXOS

Anexo 1. Coordenadas de productos.

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
1	250167	13	1	1	36	560218	16	2	1
2	560400	13	1	2	37	560218	16	2	2
3	20960	12	1	1	38	90016	9	2	1
4	20960	12	1	2	39	90016	9	2	2
5	730145	14	1	1	40	560089	17	2	1
6	830028	14	1	2	41	560089	17	2	2
7	560257	11	1	1	42	10010	8	2	1
8	20155	11	1	2	43	10010	8	2	2
9	560233	15	1	1	44	250262	15	2	2
10	560233	15	1	2	45	90165	18	2	1
11	250400	10	1	1	46	560086	18	2	2
12	250401	10	1	2	47	730151	7	2	1
13	250394	16	1	1	48	730151	7	2	2
14	560720	16	1	2	49	20158	13	3	1
15	90189	9	1	1	50	20158	13	3	2
16	40117	9	1	2	51	410914	12	3	1
17	250103	17	1	1	52	830038	12	3	2
18	20458	17	1	2	53	830039	14	3	1
19	20709	8	1	1	54	720102	14	3	2
20	20709	8	1	2	55	690035	11	3	1
21	450094	18	1	1	56	560404	11	3	2
22	560406	18	1	2	57	90090	15	3	1
23	250578	7	1	1	58	90090	15	3	2
24	20208	7	1	2	59	250261	10	3	1
25	450237	13	2	1	60	690011	10	3	2
26	510022	13	2	2	61	480031	16	3	1
27	90088	12	2	1	62	510980	16	3	2
28	90088	12	2	2	63	20306	18	3	1
29	250398	14	2	1	64	20472	18	3	2
30	250260	14	2	2	65	460922	17	3	1
31	10003	11	2	1	66	560800	17	3	2
32	250946	11	2	2	67	90011	8	3	1
33	560402	15	2	1	68	20156	9	4	2
34	560259	10	2	1	69	20156	9	3	1
35	560259	10	2	2	70	20156	9	3	2

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
71	20450	7	3	1	106	250180	12	5	2
72	560029	7	3	2	107	720100	13	6	1
73	830041	13	4	1	108	250630	13	6	2
74	830041	13	4	2	109	20309	12	6	1
75	250396	12	4	1	110	560026	12	6	2
76	720249	12	4	2	111	250351	14	6	1
77	720021	14	4	1	112	560812	11	6	1
78	690674	14	4	2	113	250220	11	6	2
79	90040	11	4	1	114	560503	15	6	1
80	90040	11	4	2	115	560077	10	6	1
81	410751	15	4	1	116	250845	10	6	2
82	560422	15	4	2	117	90060	16	6	1
83	20206	10	4	1	118	450209	16	6	2
84	560703	10	4	2	119	830050	9	6	1
85	20207	16	4	1	120	410755	9	6	2
86	560712	16	4	2	121	590202	13	7	1
87	560310	9	4	1	122	560707	13	7	2
88	90162	8	3	2	123	250429	15	7	1
89	20327	12	5	1	124	20215	12	7	1
90	830010	13	5	1	125	20215	12	7	2
91	830010	13	5	2	126	830029	14	7	1
92	410349	14	5	1	127	690034	14	7	2
93	410349	14	5	2	128	720034	15	7	2
94	410349	14	6	2	129	720001	11	7	1
95	560312	11	5	1	130	720001	11	7	2
96	20397	11	5	2	131	560156	10	7	1
97	10005	15	5	1	132	410225	10	7	2
98	10005	15	5	2	133	410891	16	7	1
99	10005	15	6	2	134	250094	16	7	2
100	730125	10	5	1	135	720010	9	7	1
101	770174	10	5	2	136	90050	9	7	2
102	20222	16	5	1	137	20710	13	8	1
103	20222	16	5	2	138	90037	12	8	1
104	20553	9	5	1	139	90037	12	8	2
105	20553	9	5	2	140	90037	12	9	2

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
141	830024	13	8	2	176	450231	11	11	2
142	560258	14	8	1	177	560308	13	12	1
143	560258	14	8	2	178	690673	13	12	2
144	700069	15	8	1	179	450721	12	12	1
145	560716	15	8	2	180	450721	12	12	2
146	90112	11	8	1	181	20491	14	12	1
147	90112	11	8	2	182	20491	14	12	2
148	90112	11	9	2	183	700920	11	12	1
149	90109	10	8	1	184	720016	11	12	2
150	560713	10	8	2	185	450723	19	1	1
151	700741	16	8	1	186	20498	6	1	2
152	450234	9	8	1	187	20498	6	1	1
153	450234	9	8	2	188	770360	19	1	2
154	90036	16	8	2	189	250570	20	1	1
155	560241	13	9	1	190	410898	5	1	2
156	560241	13	9	2	191	410898	5	1	1
157	770707	12	9	1	192	830034	20	1	2
158	90840	11	9	1	193	250435	19	2	1
159	770915	14	9	1	194	20212	19	2	2
160	90184	13	10	1	195	270424	6	2	1
161	90184	13	10	2	196	20568	20	2	1
162	830035	14	9	2	197	20568	20	2	2
163	620014	12	10	1	198	20568	20	3	2
164	620014	12	10	2	199	250263	6	2	2
165	590231	14	10	1	200	20650	5	2	1
166	250192	14	10	2	201	20650	5	2	2
167	250300	11	10	1	202	250251	6	3	1
168	20352	11	10	2	203	250447	6	3	2
169	700801	13	11	1	204	760017	5	3	1
170	90022	13	11	2	205	700042	19	3	1
171	250501	12	11	1	206	700042	19	3	2
172	90038	12	11	2	207	700042	19	4	2
173	410224	14	11	1	208	730513	5	3	2
174	90183	14	11	2	209	770364	20	3	1
175	450231	11	11	1	210	410890	17	4	1

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
211	250026	17	4	2	246	250030	18	6	2
212	480011	8	4	1	247	250621	7	6	1
213	10568	8	4	2	248	90020	19	6	1
214	270634	18	4	1	249	90020	19	6	2
215	20300	7	4	1	250	20350	5	6	1
216	20300	7	4	2	251	20350	5	6	2
217	20411	18	4	2	252	90123	20	6	1
218	830040	6	4	1	253	90123	20	6	2
219	830040	6	4	2	254	590201	7	6	2
220	830040	6	5	2	255	90163	6	6	1
221	250161	19	4	1	256	390880	6	6	2
222	620003	5	4	1	257	410763	17	7	1
223	480010	5	4	2	258	620001	18	7	1
224	20432	20	4	1	259	620001	18	7	2
225	560457	20	4	2	260	620001	18	8	2
226	720168	17	5	1	261	20077	17	7	2
227	560980	17	5	2	262	390028	8	7	1
228	560405	8	5	1	263	720131	8	7	2
229	560972	8	5	2	264	830026	19	7	1
230	20499	18	5	1	265	410226	7	7	1
231	270633	18	5	2	266	410226	7	7	2
232	20400	7	5	1	267	410226	7	8	2
233	250446	7	5	2	268	20588	19	7	2
234	250456	19	5	1	269	90042	18	8	1
235	410529	19	5	2	270	450088	20	7	1
236	830022	6	5	1	271	450088	20	7	2
237	250134	20	5	1	272	20519	7	8	1
238	720135	20	5	2	273	730035	6	7	1
239	250353	5	5	1	274	250438	6	7	2
240	250092	5	5	2	275	250089	5	7	1
241	250454	17	6	1	276	250195	5	7	2
242	730514	17	6	2	277	770265	17	8	1
243	20835	8	6	1	278	730135	8	8	1
244	450091	8	6	2	279	730135	8	8	2
245	250700	18	6	1	280	730135	8	9	2

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
281	720009	17	8	2	316	770175	20	9	1
282	560250	19	8	1	317	250749	20	9	2
283	560250	19	8	2	318	250418	15	10	1
284	720148	6	8	1	319	90076	15	10	2
285	560249	6	8	2	320	590145	10	10	1
286	410227	20	8	1	321	20091	16	10	1
287	410227	20	8	2	322	20091	16	10	2
288	360901	5	8	1	323	20091	16	11	2
289	560710	5	8	2	324	690026	10	10	2
290	560922	15	9	1	325	690508	7	10	1
291	250083	15	9	2	326	270601	9	10	1
292	250550	10	9	1	327	250063	9	10	2
293	250104	10	9	2	328	20039	8	10	1
294	250643	16	9	1	329	20039	8	10	2
295	250620	16	9	2	330	720200	17	10	1
296	560407	9	9	1	331	20557	17	10	2
297	250457	9	9	2	332	250622	18	10	1
298	250350	17	9	1	333	250027	18	10	2
299	770253	17	9	2	334	560242	18	11	1
300	560715	8	9	1	335	560242	18	11	2
301	410606	18	9	1	336	560242	18	12	1
302	20518	18	9	2	337	560242	18	12	2
303	250575	7	9	1	338	20213	19	10	1
304	240123	7	9	2	339	250573	19	10	2
305	250983	19	9	1	340	250911	20	10	1
306	720170	19	9	2	341	360434	20	10	2
307	830042	6	9	1	342	560717	15	11	1
308	830042	6	9	2	343	390882	15	11	2
309	830042	6	10	1	344	360902	10	11	1
310	830042	6	10	2	345	410889	10	11	2
311	830042	7	10	2	346	460921	9	11	1
312	90164	5	10	1	347	590310	17	11	1
313	620002	5	9	1	348	590310	17	11	2
314	620002	5	9	2	349	590310	17	12	1
315	620002	5	10	2	350	590310	17	12	2

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
351	20098	9	11	2	386	690001	9	13	1
352	20098	9	12	1	387	690001	9	13	2
353	20098	9	12	2	388	690001	9	14	2
354	250382	8	11	1	389	90075	18	13	1
355	90177	8	11	2	390	20566	18	13	2
356	20328	7	11	1	391	90161	8	13	1
357	560431	7	11	2	392	90161	8	13	2
358	560090	15	12	1	393	560650	7	13	1
359	720180	15	12	2	394	20572	7	13	2
360	770271	8	12	1	395	250054	13	14	1
361	90166	8	12	2	396	20210	12	14	1
362	720107	16	12	1	397	720101	14	14	1
363	360334	16	12	2	398	250846	14	14	2
364	250701	7	12	1	399	700063	11	14	1
365	390018	7	12	2	400	560303	11	14	2
366	560938	10	12	1	401	270600	15	14	1
367	560928	10	12	2	402	250301	15	14	2
368	460014	13	13	1	403	460731	10	14	1
369	460014	13	13	2	404	410350	16	14	1
370	460014	13	14	2	405	410350	16	14	2
371	20580	12	13	1	406	560706	10	14	2
372	20580	12	13	2	407	460730	9	14	1
373	20580	12	14	2	408	360333	13	15	1
374	10072	14	13	1	409	720182	13	15	2
375	250436	14	13	2	410	590161	12	15	1
376	560624	11	13	1	411	250053	12	15	2
377	250002	11	13	2	412	460151	14	15	1
378	690070	15	13	1	413	90024	14	15	2
379	250459	15	13	2	414	690055	11	15	1
380	250458	10	13	1	415	460016	11	15	2
381	830025	10	13	2	416	90078	15	15	1
382	250437	16	13	1	417	560811	15	15	2
383	250453	16	13	2	418	250980	10	15	1
384	460136	17	13	1	419	20080	16	15	1
385	250340	17	13	2	420	20080	16	15	2

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
421	20508	10	15	2	456	20898	12	17	2
422	360924	9	15	1	457	20199	14	17	1
423	20195	9	15	2	458	20567	14	17	2
424	90013	19	11	1	459	20471	11	17	1
425	90013	19	11	2	460	560281	11	17	2
426	90013	19	12	2	461	360923	15	17	1
427	250906	20	11	1	462	770702	15	17	2
428	360047	20	11	2	463	10046	10	17	1
429	250434	20	12	1	464	700065	10	17	2
430	250341	20	12	2	465	360717	16	17	1
431	770362	6	11	1	466	590200	9	17	1
432	250500	6	11	2	467	590200	9	17	2
433	360006	5	12	1	468	250166	16	17	2
434	720149	5	12	2	469	250055	17	14	1
435	20473	13	16	1	470	370750	17	14	2
436	560155	13	16	2	471	20561	18	14	1
437	560155	13	17	1	472	20225	18	14	2
438	560155	13	17	2	473	720108	8	14	1
439	10074	12	16	1	474	410229	8	14	2
440	20367	12	16	2	475	690509	7	14	1
441	510915	14	16	1	476	460011	7	14	2
442	510915	14	16	2	477	250217	13	18	1
443	250218	11	16	1	478	480004	13	18	2
444	720151	11	16	2	479	20815	12	18	1
445	360900	15	16	1	480	20815	12	18	2
446	160001	15	16	2	481	20386	14	18	1
447	830051	10	16	1	482	360984	14	18	2
448	690007	10	16	2	483	20183	11	18	1
449	360109	16	16	1	484	10552	11	18	2
450	250885	16	16	2	485	10002	14	19	1
451	830031	9	16	1	486	10002	14	19	2
452	390027	9	16	2	487	10011	11	19	1
453	20351	12	19	1	488	10011	11	19	2
454	250969	12	19	2	489	10011	11	20	2
455	250551	12	17	1	490	20109	13	19	1

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
491	20109	13	19	2	526	40110	21	6	2
492	20109	13	20	1	527	690056	21	9	1
493	20109	13	20	2	528	360430	21	9	2
494	20109	13	21	1	529	90068	21	8	1
495	20109	13	21	2	530	770916	21	8	2
496	560372	11	20	1	531	20358	21	7	1
497	20990	12	20	1	532	390010	21	7	2
498	770361	12	20	2	533	410002	21	10	1
499	560098	14	20	1	534	20211	21	10	2
500	560098	14	20	2	535	830023	22	1	1
501	560098	14	21	2	536	360429	22	1	2
502	450720	12	21	1	537	10569	22	2	1
503	450720	12	21	2	538	560983	22	2	2
504	90154	14	21	1	539	460925	22	5	1
505	90041	11	21	1	540	460703	22	5	2
506	10043	11	21	2	541	250432	22	3	1
507	700073	18	15	1	542	700074	22	3	2
508	830030	18	15	2	543	690038	22	4	1
509	20410	17	15	1	544	410919	22	4	2
510	20410	17	15	2	545	250831	22	6	1
511	20398	8	15	1	546	250623	22	6	2
512	360835	8	15	2	547	560243	22	9	1
513	250428	7	15	1	548	20214	22	9	2
514	360986	7	15	2	549	690019	22	8	1
515	10563	21	1	1	550	20405	22	8	2
516	90158	21	1	2	551	410305	22	7	1
517	560024	21	2	1	552	360025	22	7	2
518	560462	21	2	2	553	90058	22	10	1
519	760014	21	5	1	554	760006	22	10	2
520	460952	21	5	2	555	10331	4	1	1
521	10333	21	3	1	556	700803	4	1	2
522	90091	21	3	2	557	720147	4	2	1
523	250393	21	4	1	558	720162	4	2	2
524	270843	21	4	2	559	270632	4	5	1
525	360425	21	6	1	560	760504	4	5	2

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
561	250080	4	3	1	596	20084	21	11	2
562	720008	4	3	2	597	460060	21	12	1
563	20408	4	4	1	598	390985	21	12	2
564	510033	4	4	2	599	20182	22	11	1
565	10870	4	6	1	600	390098	22	11	2
566	700075	4	6	2	601	460150	22	12	1
567	560315	4	9	1	602	390011	22	12	2
568	770363	4	9	2	603	90066	3	11	1
569	250569	4	8	1	604	250990	3	11	2
570	20993	4	8	2	605	510981	3	12	1
571	360428	4	7	1	606	510981	3	12	2
572	560652	4	7	2	607	270423	4	11	1
573	360354	4	10	1	608	460947	4	11	2
574	730512	4	10	2	609	410569	4	12	1
575	10565	3	1	1	610	20090	4	12	2
576	390026	3	1	2	611	20989	5	11	1
577	250252	3	2	1	612	560383	5	11	2
578	10335	3	2	2	613	250159	6	12	1
579	460732	3	5	1	614	770701	6	12	2
580	560255	3	5	2	615	560393	16	11	1
581	420010	3	3	1	616	10044	19	12	1
582	420010	3	3	2	617	770252	1	1	1
583	420010	3	4	1	618	770252	1	1	2
584	560251	3	4	2	619	90064	1	2	1
585	560973	3	6	1	620	830027	1	2	2
586	90188	3	6	2	621	560434	1	3	1
587	770365	3	9	1	622	90168	1	3	2
588	390081	3	9	2	623	90010	1	4	1
589	410018	3	8	1	624	410607	1	4	2
590	140020	3	8	2	625	410607	1	5	1
591	10562	3	7	1	626	560979	1	5	2
592	20384	3	7	2	627	510060	1	6	1
593	720184	3	10	1	628	390009	1	6	2
594	360980	3	10	2	629	510021	1	7	1
595	770261	21	11	1	630	510021	1	7	2

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
631	360985	1	8	1	666	560091	1	25	2
632	20205	1	8	2	667	560217	1	26	1
633	690020	1	9	1	668	560217	1	26	2
634	480012	1	9	2	669	20721	1	27	1
635	360834	1	10	1	670	560154	1	27	2
636	760002	1	10	2	671	560154	1	28	1
637	480002	1	11	1	672	560810	1	28	2
638	360353	1	11	2	673	10102	1	29	1
639	360716	1	12	1	674	410915	1	29	2
640	720027	1	12	2	675	760516	1	30	1
641	460131	1	13	1	676	250843	1	30	2
642	410909	1	13	2	677	560235	2	1	1
643	410909	1	14	1	678	410824	2	1	2
644	560370	1	14	2	679	90082	2	2	1
645	460975	1	15	1	680	10582	2	2	2
646	770262	1	15	2	681	700078	2	3	1
647	450089	1	16	1	682	770708	2	3	2
648	450089	1	16	2	683	270422	2	4	1
649	760050	1	17	1	684	590222	2	4	2
650	410306	1	17	2	685	360431	2	5	1
651	410306	1	18	1	686	10559	2	5	2
652	770061	1	18	2	687	410887	2	6	1
653	410011	1	19	1	688	690672	2	6	2
654	410231	1	19	2	689	390016	2	7	1
655	410231	1	20	1	690	560814	2	7	2
656	20297	1	20	2	691	10101	2	8	1
657	360771	1	21	1	692	770710	2	8	2
658	360263	1	21	2	693	420015	2	9	1
659	770709	1	22	1	694	420015	2	9	2
660	460130	1	22	2	695	560246	2	10	1
661	460130	1	23	1	696	20520	2	10	2
662	250417	1	23	2	697	270804	2	11	1
663	770700	1	24	1	698	760011	2	11	2
664	590010	1	24	2	699	140030	2	12	1
665	560091	1	25	1	700	560937	2	12	2

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
701	560981	2	13	1	736	410228	2	30	2
702	560981	2	13	2	737	410228	3	13	1
703	720105	2	14	1	738	250992	3	13	2
704	360436	2	14	2	739	560651	3	14	1
705	560923	2	15	1	740	250991	3	14	2
706	390995	2	15	2	741	20396	3	15	1
707	390995	2	16	1	742	410030	3	15	2
708	250433	2	16	2	743	410030	3	16	1
709	410033	2	17	1	744	40130	3	16	2
710	450643	2	17	2	745	360525	3	17	1
711	390103	2	18	1	746	560962	3	17	2
712	250982	2	18	2	747	560962	3	18	1
713	560843	2	19	1	748	360061	3	18	2
714	20308	2	19	2	749	20601	3	19	1
715	720006	2	20	1	750	560982	3	19	2
716	590142	2	20	2	751	20088	3	20	1
717	20344	2	21	1	752	20088	3	20	2
718	20344	2	21	2	753	20088	3	21	1
719	20344	2	22	1	754	20088	3	21	2
720	560094	2	22	2	755	20088	3	22	1
721	760508	2	23	1	756	20088	3	22	2
722	240124	2	23	2	757	20088	3	23	1
723	10042	2	24	1	758	20088	3	23	2
724	420083	2	24	2	759	20088	3	24	1
725	360427	2	25	1	760	20088	3	24	2
726	560989	2	25	2	761	20877	3	25	1
727	360328	2	26	1	762	20877	3	25	2
728	410873	2	26	2	763	20877	3	26	1
729	410886	2	27	1	764	20877	3	26	2
730	560247	2	27	2	765	20877	3	27	1
731	20906	2	28	1	766	20877	3	27	2
732	270521	2	28	2	767	760001	3	28	1
733	20964	2	29	1	768	460906	3	28	2
734	410228	2	29	2	769	590233	3	29	1
735	410228	2	30	1	770	590233	3	29	2

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
771	590247	3	30	1	806	560025	4	29	2
772	720169	3	30	2	807	560025	4	30	1
773	760010	4	13	1	808	360258	4	30	2
774	20254	4	13	2	809	560813	5	13	1
775	460978	4	14	1	810	360262	5	13	2
776	410758	4	14	2	811	560987	5	14	1
777	460036	4	15	1	812	10590	5	14	2
778	560974	4	15	2	813	590223	5	15	1
779	770263	4	16	1	814	420103	5	15	2
780	20494	4	16	2	815	560319	5	16	1
781	20494	4	17	1	816	560319	5	16	2
782	590407	4	17	2	817	560984	5	17	1
783	460152	4	18	1	818	560978	5	17	2
784	360269	4	18	2	819	760000	5	18	1
785	480041	4	19	1	820	360140	5	18	2
786	10589	4	19	2	821	60036	5	19	1
787	410201	4	20	1	822	450238	5	19	2
788	410201	4	20	2	823	360086	5	20	1
789	510026	4	21	1	824	30011	5	20	2
790	270444	4	21	2	825	760052	5	21	1
791	10574	4	22	1	826	420082	5	21	2
792	770153	4	22	2	827	20223	5	22	1
793	410526	4	23	1	828	20223	5	22	2
794	360524	4	23	2	829	360270	5	23	1
795	360524	4	24	1	830	410223	5	23	2
796	620005	4	24	2	831	760016	5	24	1
797	10073	4	25	1	832	410104	5	24	2
798	410109	4	25	2	833	460946	5	25	1
799	240110	4	26	1	834	270630	5	25	2
800	410012	4	26	2	835	410300	5	26	1
801	560958	4	27	1	836	250993	5	26	2
802	560958	4	27	2	837	420011	5	27	1
803	560958	4	28	1	838	420011	5	27	2
804	590160	4	28	2	839	410405	5	28	1
805	460042	4	29	1	840	590135	5	28	2

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
841	460012	5	29	1	876	720300	6	28	2
842	590235	5	29	2	877	460552	6	29	1
843	590235	5	30	1	878	360149	6	29	2
844	20406	5	30	2	879	10012	6	30	1
845	20406	6	13	1	880	10012	6	30	2
846	410365	6	13	2	881	360256	7	16	1
847	760007	6	14	1	882	510076	7	16	2
848	20313	6	14	2	883	770052	7	17	1
849	760004	6	15	1	884	250986	7	17	2
850	390017	6	15	2	885	560240	7	18	1
851	20081	6	16	1	886	10071	7	18	2
852	20081	6	16	2	887	20528	7	19	1
853	460013	6	17	1	888	20528	7	19	2
854	410822	6	17	2	889	270603	7	20	1
855	20293	6	18	1	890	10047	7	20	2
856	20293	6	18	2	891	410026	7	21	1
857	410717	6	19	1	892	390107	7	21	2
858	410717	6	19	2	893	420081	7	22	1
859	90167	6	20	1	894	20446	7	22	2
860	10009	6	20	2	895	590405	7	23	1
861	420030	6	21	1	896	90089	7	23	2
862	560975	6	21	2	897	90089	7	24	1
863	760053	6	22	1	898	90089	7	24	2
864	510852	6	22	2	899	560985	7	25	1
865	20255	6	23	1	900	560161	7	25	2
866	20255	6	23	2	901	560161	7	26	1
867	480020	6	24	1	902	560161	7	26	2
868	10371	6	24	2	903	410905	7	27	1
869	20191	6	25	1	904	410905	7	27	2
870	20191	6	25	2	905	360265	7	28	1
871	90101	6	26	1	906	390025	7	28	2
872	410923	6	26	2	907	390025	7	29	1
873	360424	6	27	1	908	590502	7	29	2
874	360423	6	27	2	909	360350	7	30	1
875	10104	6	28	1	910	560320	7	30	2

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
911	560320	8	16	1	946	410027	9	20	2
912	560096	8	16	2	947	360091	9	21	1
913	560096	8	17	1	948	460002	9	21	2
914	270842	8	17	2	949	410367	9	22	1
915	560215	8	18	1	950	410560	9	22	2
916	560215	8	18	2	951	560329	9	23	1
917	560215	8	19	1	952	560946	9	23	2
918	560215	8	19	2	953	770158	9	24	1
919	560215	8	20	1	954	770158	9	24	2
920	560215	8	20	2	955	420016	9	25	1
921	560215	8	21	1	956	410410	9	25	2
922	560215	8	21	2	957	410410	9	26	1
923	560215	8	22	1	958	410410	9	26	2
924	560215	8	22	2	959	360038	9	27	1
925	560215	8	23	1	960	360038	9	27	2
926	560215	8	23	2	961	270614	9	28	1
927	560215	8	24	1	962	270614	9	28	2
928	560215	8	24	2	963	410702	9	29	1
929	560215	8	25	1	964	480001	9	29	2
930	560215	8	25	2	965	20311	9	30	1
931	360007	8	26	1	966	20311	9	30	2
932	390988	8	26	2	967	410924	10	18	1
933	20507	8	27	1	968	760008	10	18	2
934	430002	8	27	2	969	20114	10	19	1
935	760015	8	28	1	970	250001	10	19	2
936	20236	8	28	2	971	250001	10	20	1
937	450233	8	29	1	972	360249	10	20	2
938	450233	8	29	2	973	360185	10	21	1
939	450233	8	30	1	974	10374	10	21	2
940	450233	8	30	2	975	560986	10	22	1
941	450233	9	18	1	976	20294	10	22	2
942	360331	9	18	2	977	20294	10	23	1
943	360946	9	19	1	978	360142	10	23	2
944	360946	9	19	2	979	20280	10	24	1
945	410348	9	20	1	980	20280	10	24	2

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
981	240081	10	25	1	1016	90176	12	24	2
982	590213	10	25	2	1017	560842	12	25	1
983	590213	10	26	1	1018	510079	12	25	2
984	590213	10	26	2	1019	360261	12	26	1
985	410351	10	27	1	1020	590155	12	26	2
986	360079	10	27	2	1021	410907	12	27	1
987	590245	10	28	1	1022	560245	12	27	2
988	590221	10	28	2	1023	360051	12	28	1
989	360099	10	29	1	1024	480032	12	28	2
990	360099	10	29	2	1025	560314	12	29	1
991	760525	10	30	1	1026	510028	12	29	2
992	560948	10	30	2	1027	20237	12	30	1
993	590203	11	22	1	1028	20238	12	30	2
994	630502	11	22	2	1029	560839	13	22	1
995	410446	11	23	1	1030	90185	13	22	2
996	20312	11	23	2	1031	390991	13	23	1
997	20312	11	24	1	1032	410402	13	23	2
998	410112	11	24	2	1033	760533	13	24	1
999	90175	11	25	1	1034	270631	13	24	2
1000	360136	11	25	2	1035	10008	13	25	1
1001	480021	11	26	1	1036	390078	13	25	2
1002	770200	11	26	2	1037	10561	13	26	1
1003	770115	11	27	1	1038	90172	13	26	2
1004	770115	11	27	2	1039	40133	13	27	1
1005	240001	11	28	1	1040	90170	13	27	2
1006	560239	11	28	2	1041	390093	13	28	1
1007	560239	11	29	1	1042	20407	13	28	2
1008	20250	11	29	2	1043	10341	13	29	1
1009	20200	11	30	1	1044	760506	13	29	2
1010	20200	11	30	2	1045	450884	13	30	1
1011	20200	12	22	1	1046	410222	13	30	2
1012	410906	12	22	2	1047	560988	14	22	1
1013	410770	12	23	1	1048	20226	14	22	2
1014	590211	12	23	2	1049	450635	14	23	1
1015	410110	12	24	1	1050	390095	14	23	2

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
1051	420018	14	24	1	1086	410310	15	28	2
1052	410883	14	24	2	1087	410056	15	29	1
1053	390092	14	25	1	1088	760009	15	29	2
1054	460076	14	25	2	1089	20246	15	30	1
1055	760529	14	26	1	1090	410825	15	30	2
1056	370335	14	26	2	1091	10558	16	18	1
1057	410523	14	27	1	1092	20999	16	18	2
1058	770083	14	27	2	1093	410495	16	19	1
1059	760020	14	28	1	1094	770019	16	19	2
1060	10583	14	28	2	1095	770159	16	20	1
1061	360505	14	29	1	1096	360255	16	20	2
1062	630700	14	29	2	1097	460021	16	21	1
1063	410108	14	30	1	1098	10346	16	21	2
1064	410013	14	30	2	1099	410017	16	22	1
1065	510027	15	18	1	1100	620004	16	22	2
1066	770137	15	18	2	1101	410022	16	23	1
1067	410019	15	19	1	1102	770017	16	23	2
1068	760018	15	19	2	1103	760051	16	24	1
1069	410558	15	20	1	1104	460058	16	24	2
1070	20290	15	20	2	1105	10372	16	25	1
1071	390077	15	21	1	1106	90186	16	25	2
1072	590400	15	21	2	1107	130015	16	26	1
1073	130011	15	22	1	1108	760530	16	26	2
1074	140011	15	22	2	1109	20630	16	27	1
1075	560840	15	23	1	1110	770081	16	27	2
1076	590140	15	23	2	1111	510032	16	28	1
1077	410057	15	24	1	1112	360046	16	28	2
1078	770018	15	24	2	1113	410302	16	29	1
1079	690214	15	25	1	1114	730510	16	29	2
1080	510061	15	25	2	1115	360040	16	30	1
1081	10560	15	26	1	1116	360049	16	30	2
1082	410479	15	26	2	1117	410917	17	16	1
1083	590402	15	27	1	1118	10578	17	16	2
1084	240082	15	27	2	1119	560097	17	17	1
1085	20468	15	28	1	1120	760019	17	17	2

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
1121	410896	17	18	1	1156	770116	18	20	2
1122	20757	17	18	2	1157	360260	18	21	1
1123	590406	17	19	1	1158	410297	18	21	2
1124	410487	17	19	2	1159	690003	18	22	1
1125	560845	17	20	1	1160	240130	18	22	2
1126	560042	17	20	2	1161	410823	18	23	1
1127	20253	17	21	1	1162	510004	18	23	2
1128	410902	17	21	2	1163	410931	18	24	1
1129	360050	17	22	1	1164	390101	18	24	2
1130	480022	17	22	2	1165	240019	18	25	1
1131	770053	17	23	1	1166	410101	18	25	2
1132	160003	17	23	2	1167	20395	18	26	1
1133	590401	17	24	1	1168	420017	18	26	2
1134	770051	17	24	2	1169	20431	18	27	1
1135	360037	17	25	1	1170	20445	18	27	2
1136	510020	17	25	2	1171	360257	18	28	1
1137	360983	17	26	1	1172	560841	18	28	2
1138	760534	17	26	2	1173	10370	18	29	1
1139	90179	17	27	1	1174	60010	18	29	2
1140	410422	17	27	2	1175	60013	18	30	1
1141	450726	17	28	1	1176	40123	18	30	2
1142	10048	17	28	2	1177	20479	19	13	1
1143	410424	17	29	1	1178	410294	19	13	2
1144	20221	17	29	2	1179	760531	19	14	1
1145	770157	17	30	1	1180	460003	19	14	2
1146	20281	17	30	2	1181	390072	19	15	1
1147	130002	18	16	1	1182	360042	19	15	2
1148	20617	18	16	2	1183	590115	19	16	1
1149	360254	18	17	1	1184	410031	19	16	2
1150	360251	18	17	2	1185	360052	19	17	1
1151	360108	18	18	1	1186	90180	19	17	2
1152	360327	18	18	2	1187	410239	19	18	1
1153	70062	18	19	1	1188	410414	19	18	2
1154	20197	18	19	2	1189	390987	19	19	1
1155	560162	18	20	1	1190	760505	19	19	2

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
1191	760522	19	20	1	1226	480005	20	19	2
1192	770147	19	20	2	1227	460449	20	20	1
1193	420014	19	21	1	1228	560196	20	20	2
1194	760003	19	21	2	1229	20229	20	21	1
1195	410491	19	22	1	1230	460502	20	21	2
1196	10348	19	22	2	1231	10581	20	22	1
1197	360259	19	23	1	1232	410490	20	22	2
1198	420046	19	23	2	1233	410028	20	23	1
1199	410519	19	24	1	1234	360252	20	23	2
1200	460059	19	24	2	1235	20227	20	24	1
1201	10004	19	25	1	1236	20634	20	24	2
1202	410003	19	25	2	1237	20140	20	25	1
1203	460093	19	26	1	1238	410908	20	25	2
1204	590125	19	26	2	1239	360034	20	26	1
1205	460134	19	27	1	1240	410477	20	26	2
1206	410445	19	27	2	1241	20192	20	27	1
1207	410200	19	28	1	1242	10575	20	27	2
1208	760535	19	28	2	1243	20652	20	28	1
1209	770201	19	29	1	1244	450722	20	28	2
1210	410884	19	29	2	1245	730162	20	29	1
1211	360033	19	30	1	1246	10067	20	29	2
1212	40128	19	30	2	1247	410389	20	30	1
1213	140010	20	13	1	1248	360053	20	30	2
1214	240121	20	13	2	1249	560027	21	13	1
1215	90173	20	14	1	1250	760500	21	13	2
1216	390100	20	14	2	1251	20060	21	14	1
1217	410421	20	15	1	1252	20278	21	14	2
1218	430046	20	15	2	1253	560836	21	15	1
1219	90102	20	16	1	1254	20478	21	15	2
1220	590166	20	16	2	1255	10576	21	16	1
1221	590403	20	17	1	1256	410025	21	16	2
1222	760527	20	17	2	1257	90093	21	17	1
1223	410370	20	18	1	1258	20240	21	17	2
1224	20459	20	18	2	1259	560157	21	18	1
1225	20184	20	19	1	1260	10347	21	18	2

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
1261	760056	21	19	1	1296	410872	22	18	2
1262	420102	21	19	2	1297	20089	22	19	1
1263	530701	21	20	1	1298	20385	22	19	2
1264	240003	21	20	2	1299	240007	22	20	1
1265	130005	21	21	1	1300	90903	22	20	2
1266	360098	21	21	2	1301	90049	22	21	1
1267	420020	21	22	1	1302	20905	22	21	2
1268	20186	21	22	2	1303	10580	22	22	1
1269	410827	21	23	1	1304	460500	22	22	2
1270	390096	21	23	2	1305	530034	22	23	1
1271	560815	21	24	1	1306	510019	22	23	2
1272	90171	21	24	2	1307	510012	22	24	1
1273	90048	21	25	1	1308	410530	22	24	2
1274	770054	21	25	2	1309	410929	22	25	1
1275	240002	21	26	1	1310	410301	22	25	2
1276	90087	21	26	2	1311	460501	22	26	1
1277	760520	21	27	1	1312	20177	22	26	2
1278	360054	21	27	2	1313	20108	22	27	1
1279	40129	21	28	1	1314	360248	22	27	2
1280	450214	21	28	2	1315	20102	22	28	1
1281	560830	21	29	1	1316	730154	22	28	2
1282	140012	21	29	2	1317	20540	22	29	1
1283	420090	21	30	1	1318	410480	22	29	2
1284	360080	21	30	2	1319	760519	22	30	1
1285	410897	22	13	1	1320	10105	22	30	2
1286	630601	22	13	2	1321	420093	23	1	1
1287	460037	22	14	1	1322	410478	23	1	2
1288	410311	22	14	2	1323	410411	23	2	1
1289	410609	22	15	1	1324	410718	23	2	2
1290	20560	22	15	2	1325	410230	23	3	1
1291	590302	22	16	1	1326	760521	23	3	2
1292	450634	22	16	2	1327	130000	23	4	1
1293	760054	22	17	1	1328	20296	23	4	2
1294	410476	22	17	2	1329	90094	23	5	1
1295	410403	22	18	1	1330	420080	23	5	2

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
1331	20389	23	6	1	1366	10588	23	23	2
1332	20228	23	6	2	1367	90019	23	24	1
1333	770251	23	7	1	1368	390068	23	24	2
1334	20252	23	7	2	1369	70051	23	25	1
1335	20963	23	8	1	1370	20083	23	25	2
1336	20900	23	8	2	1371	20982	23	26	1
1337	510003	23	9	1	1372	630603	23	26	2
1338	20247	23	9	2	1373	10340	23	27	1
1339	560095	23	10	1	1374	410761	23	27	2
1340	390089	23	10	2	1375	20610	23	28	1
1341	410295	23	11	1	1376	410271	23	28	2
1342	20112	23	11	2	1377	760501	23	29	1
1343	20235	23	12	1	1378	420101	23	29	2
1344	140014	23	12	2	1379	70054	23	30	1
1345	510005	23	13	1	1380	630701	23	30	2
1346	20653	23	13	2	1381	20591	24	1	1
1347	560092	23	14	1	1382	270635	24	1	2
1348	20295	23	14	2	1383	20245	24	2	1
1349	510083	23	15	1	1384	560160	24	2	2
1350	20099	23	15	2	1385	20639	24	3	1
1351	730157	23	16	1	1386	20496	24	3	2
1352	20188	23	16	2	1387	70052	24	4	1
1353	510090	23	17	1	1388	20607	24	4	2
1354	360043	23	17	2	1389	760059	24	5	1
1355	590503	23	18	1	1390	20127	24	5	2
1356	730156	23	18	2	1391	770082	24	6	1
1357	630504	23	19	1	1392	20600	24	6	2
1358	20490	23	19	2	1393	510081	24	7	1
1359	20608	23	20	1	1394	20242	24	7	2
1360	20061	23	20	2	1395	530039	24	8	1
1361	20239	23	21	1	1396	20420	24	8	2
1362	360253	23	21	2	1397	20646	24	9	1
1363	20596	23	22	1	1398	90169	24	9	2
1364	590404	23	22	2	1399	10869	24	10	1
1365	410916	23	23	1	1400	20611	24	10	2

No.	Referencia	X	Y	Z	No.	Referencia	X	Y	Z
1401	770250	24	11	1	1421	20103	24	21	1
1402	20176	24	11	2	1422	560084	24	21	2
1403	450719	24	12	1	1423	20582	24	22	1
1404	420104	24	12	2	1424	20078	24	22	2
1405	20092	24	13	1	1425	20907	24	23	1
1406	240080	24	13	2	1426	20414	24	23	2
1407	420045	24	14	1	1427	20421	24	24	1
1408	20814	24	14	2	1428	20995	24	24	2
1409	240120	24	15	1	1429	90178	24	25	1
1410	760064	24	15	2	1430	20477	24	25	2
1411	20370	24	16	1	1431	20413	24	26	1
1412	20366	24	16	2	1432	510914	24	26	2
1413	20476	24	17	1	1433	20959	24	27	1
1414	560033	24	17	2	1434	20558	24	27	2
1415	20416	24	18	1	1435	20511	24	28	1
1416	20998	24	18	2	1436	90072	24	28	2
1417	90069	24	19	1	1437	450232	24	29	1
1418	90077	24	19	2	1438	530037	24	29	2
1419	20082	24	20	1	1439	20412	24	30	1
1420	20908	24	20	2	1440	20401	24	30	2

Anexo 2. Resultados de distancia de modelo Largest Gap y tiempos asociados.
Día demanda típica.

OPERARIO 1 - Largest Gap					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	253,6	182,58	855	104	1141,34
2	266	191,50	720	91	1002,66
3	231,6	166,74	810	98	1074,41
4	214	154,07	855	101	1109,97
5	238,4	171,63	720	89	980,80
6	228	164,15	720	88	972,56
7	205,2	147,73	855	100	1103,01
8	268,8	193,52	900	109	1202,87
9	242	174,23	855	103	1132,15
10	269,2	193,81	675	87	955,69
11	233,6	168,18	855	102	1125,50
12	230	165,59	810	98	1073,15
13	227,2	163,57	765	93	1021,43
14	233,2	167,89	855	102	1125,18
15	244,4	175,95	765	94	1035,05
16	220,4	158,68	810	97	1065,54
17	216,4	155,80	855	101	1111,88
18	219,6	158,10	765	92	1015,41
19	250	179,99	675	85	940,48
20	247,2	177,97	720	90	987,77
21	340	244,78	765	101	1110,76
22	230,4	165,87	765	93	1023,96
Total	5309,2	3822,3	17370	2119	23311,55

OPERARIO 2 - Largest Gap					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	321,6	231,53	760	99	1090,69
2	233,6	168,18	720	89	977,00
3	262	188,62	800	99	1087,49
4	226	162,71	720	88	970,98
5	265,6	191,22	640	83	914,34
6	357,2	257,16	640	90	986,88
7	228,8	164,72	720	88	973,20
8	219,6	158,10	680	84	921,91
9	358,8	258,32	680	94	1032,15
10	353,6	254,57	640	89	984,03
11	223,2	160,69	760	92	1012,76
12	228,4	164,43	720	88	972,88
13	368,8	265,51	640	91	996,07
14	243,2	175,09	800	98	1072,60
15	358,8	258,32	680	94	1032,15
16	243,2	175,09	720	90	984,60
17	365,6	263,21	640	90	993,53
Total	4858,0	3497,5	11960	1546	17003,23

OPERARIO 3 - Largest Gap					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	298,8	215,12	688	90	993,43
2	224,8	161,84	817	98	1076,73
3	210,4	151,48	774	93	1018,02
4	209,2	150,61	731	88	969,77
5	308,4	222,03	817	104	1142,93
6	224,8	161,84	774	94	1029,43
7	284	204,46	688	89	981,71
8	246	177,11	817	99	1093,52
9	249,2	179,41	774	95	1048,75
10	224	161,27	817	98	1076,09
11	233,6	168,18	774	94	1036,40
12	206	148,31	817	97	1061,84
13	247,2	177,97	688	87	952,57
14	216,8	156,08	774	93	1023,09
15	238	171,35	817	99	1087,18
16	238,8	171,92	645	82	898,61
17	205,6	148,02	645	79	872,32
18	348	250,54	731	98	1079,69
19	204,4	147,16	774	92	1013,27
20	222,4	160,12	774	93	1027,53
Total	4840,4	3484,8	15136	1862	20482,89

OPERARIO 4 - Largest Gap					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	215,2	154,93	748	90	993,22
2	188	135,35	704	84	923,28
3	163,2	117,49	704	82	903,64
4	197,2	141,97	748	89	978,97
5	349,2	251,40	792	104	1147,74
6	249,2	179,41	792	97	1068,55
7	221,6	159,54	704	86	949,89
8	235,6	169,62	704	87	960,98
9	233,6	168,18	704	87	959,40
10	217,2	156,37	704	86	946,41
11	212,8	153,20	792	95	1039,72
12	210,4	151,48	792	94	1037,82
13	248,8	179,12	748	93	1019,83
14	234,4	168,75	748	92	1008,43
15	194,8	140,24	792	93	1025,47
16	219,2	157,81	792	95	1044,79
17	347,2	249,96	616	87	952,56
18	240	172,79	836	101	1109,66
19	262,4	188,91	748	94	1030,60
Total	4440,0	3196,5	14168	1736	19101,00

Anexo 3. Resultados de distancia de modelo Largest Gap y tiempos asociados.
Día demanda alta.

OPERARIO 1 - Largest Gap					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	256	184,31	765	95	1044,24
2	266	191,50	765	96	1052,16
3	225,6	162,42	765	93	1020,16
4	210	151,19	720	87	958,31
5	238,4	171,63	675	85	931,30
6	228	164,15	810	97	1071,56
7	207,2	149,17	900	105	1154,09
8	268,8	193,52	720	91	1004,87
9	242	174,23	720	89	983,65
10	269,2	193,81	855	105	1153,69
11	233,6	168,18	810	98	1076,00
12	230	165,59	855	102	1122,65
13	225,2	162,13	765	93	1019,84
14	233,2	167,89	855	102	1125,18
15	244,4	175,95	765	94	1035,05
16	228,4	164,43	675	84	923,38
17	216,4	155,80	810	97	1062,38
18	223,6	160,98	855	102	1117,58
19	250	179,99	855	103	1138,48
20	197,6	142,26	855	100	1096,99
21	330	237,58	855	109	1201,84
22	230,4	165,87	810	98	1073,46
23	230,8	166,16	720	89	974,78
24	241,6	173,94	675	85	933,83
25	262	188,62	855	104	1147,99
Total	5988,4	4311,3	19710	2402	26423,43

OPERARIO 2 - Largest Gap					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	337,2	242,76	720	96	1059,04
2	235,6	169,62	680	85	934,58
3	230,4	165,87	640	81	886,46
4	200,4	144,28	760	90	994,70
5	218,4	157,24	720	88	964,96
6	195,6	140,82	640	78	858,90
7	247,2	177,97	760	94	1031,77
8	285,6	205,62	800	101	1106,18
9	228,4	164,43	720	88	972,88
10	296,8	213,68	720	93	1027,05
11	254	182,87	680	86	949,15
12	320,8	230,96	720	95	1046,05
13	243,2	175,09	680	86	940,60
14	329,6	237,29	640	88	965,02
15	301,2	216,85	680	90	986,53
16	238,8	171,92	800	97	1069,11
17	223,2	160,69	720	88	968,76
18	229,6	165,30	640	81	885,83
19	232,4	167,31	640	81	888,05
20	246,8	177,68	680	86	943,45
21	252	181,43	640	82	903,57
22	252	181,43	800	98	1079,57
23	263,2	189,49	640	83	912,44
24	242	174,23	720	89	983,65
Total	6104,4	4394,8	16840	2123	23358,30

OPERARIO 3 - Largest Gap					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	252,4	181,71	774	96	1051,28
2	212,4	152,92	688	84	925,01
3	225,2	162,13	817	98	1077,04
4	228,8	164,72	645	81	890,70
5	238	171,35	774	95	1039,88
6	238,8	171,92	817	99	1087,81
7	239,2	172,21	645	82	898,93
8	348	250,54	774	102	1126,99
9	202,4	145,72	817	96	1058,99
10	222,4	160,12	817	98	1074,83
11	223,6	160,98	774	93	1028,48
12	242	174,23	817	99	1090,35
13	295,2	212,53	774	99	1085,18
14	212,4	152,92	731	88	972,31
15	242	174,23	774	95	1043,05
16	248,4	178,83	645	82	906,22
17	297,2	213,97	645	86	944,86
18	245,6	176,82	817	99	1093,20
19	349,2	251,40	817	107	1175,24
20	246,4	177,39	688	87	951,93
21	218,8	157,52	731	89	977,38
22	220	158,39	688	85	931,03
23	248	178,55	774	95	1047,80
Total	5696,4	4101,1	17243	2134	23478,49

OPERARIO 4 - Largest Gap					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	327,6	235,85	688	92	1016,24
2	256,4	184,59	645	83	912,55
3	219,2	157,81	731	89	977,69
4	347,2	249,96	774	102	1126,36
5	236	169,91	645	81	896,40
6	262,4	188,91	792	98	1079,00
7	282,8	203,60	704	91	998,36
8	230	165,59	817	98	1080,85
9	269,2	193,81	645	84	922,69
10	233,6	168,18	774	94	1036,40
11	230	165,59	774	94	1033,55
12	225,2	162,13	774	94	1029,74
13	340	244,78	688	93	1026,06
14	230,4	165,87	817	98	1081,16
15	230,8	166,16	774	94	1034,18
16	241,6	173,94	688	86	948,13
17	262	188,62	817	101	1106,19
18	232	167,03	774	94	1035,13
19	327,2	235,57	817	105	1157,82
20	238,8	171,92	817	99	1087,81
21	219,2	157,81	817	97	1072,29
22	229,6	165,30	774	94	1033,23
23	232,4	167,31	645	81	893,55
24	246,8	177,68	792	97	1066,65
25	281,6	202,74	817	102	1121,71
26	321,6	231,53	731	96	1058,79
Total	6753,6	4862,2	19531	2439	26832,52

Anexo 4. Resultados de distancia de modelo Largest Gap y tiempos asociados.
Día demanda baja.

OPERARIO 1 - Largest Gap					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	317,6	228,65	720	95	1043,52
2	197,6	142,26	900	104	1146,49
3	223,2	160,69	675	84	919,26
4	250,8	180,56	810	99	1089,62
5	232,4	167,31	720	89	976,05
6	194,8	140,24	720	86	946,27
7	219,2	157,81	855	101	1114,09
8	347,2	249,96	855	110	1215,46
9	244	175,67	855	103	1133,73
10	262,4	188,91	765	95	1049,30
11	233,6	168,18	855	102	1125,50
12	230	165,59	855	102	1122,65
13	225,2	162,13	855	102	1118,84
14	239,2	172,21	810	98	1080,43
Total	3417,2	2460,2	11250	1371	15081,21

OPERARIO 2 - Largest Gap					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	234,8	169,04	640	81	889,95
2	230,4	165,87	680	85	930,46
3	242,4	174,51	720	89	983,97
4	224,4	161,56	800	96	1057,71
5	231,6	166,74	720	89	975,41
6	186	133,91	760	89	983,30
7	199,2	143,41	680	82	905,75
8	200,4	144,28	640	78	862,70
9	242,8	174,80	720	89	984,28
10	249,2	179,41	640	82	901,35
11	221,6	159,54	640	80	879,49
12	235,6	169,62	680	85	934,58
13	233,6	168,18	720	89	977,00
Total	2932,0	2110,9	9040	1115	12265,96

OPERARIO 3 - Largest Gap					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	318	228,94	817	105	1150,54
2	265,6	191,22	688	88	967,14
3	220,4	158,68	774	93	1025,94
4	185,6	133,62	774	91	998,38
5	241,2	173,65	688	86	947,82
6	368,4	265,23	817	108	1190,45
7	228,4	164,43	645	81	890,38
8	264,8	190,64	817	101	1108,40
9	254	182,87	817	100	1099,85
10	320,8	230,96	817	105	1152,75
11	243,2	175,09	774	95	1044,00
12	365,6	263,21	731	99	1093,63
13	311,2	224,05	774	100	1097,85
14	238,8	171,92	645	82	898,61
15	219,2	157,81	731	89	977,69
16	229,6	165,30	774	94	1033,23
Total	4274,8	3077,6	12083	1516	16676,67

OPERARIO 4 - Largest Gap					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	394	142,24	792	93	1027,66
2	224,8	81,16	704	79	863,67
3	284	102,53	704	81	887,18
4	248	89,53	792	88	969,68
5	249,2	89,96	748	84	921,76
6	220	79,42	792	87	958,56
7	235,6	85,05	748	83	916,36
8	206	74,37	704	78	856,21
9	247,2	89,24	704	79	872,57
10	228,8	82,60	792	87	962,06
11	238	85,92	704	79	868,91
12	216,8	78,27	704	78	860,49
Total	2992,4	1080,3	8888	997	10965,12

Anexo 5. Resultados de distancia de modelo S-Shape y tiempos asociados. Día demanda típica.

OPERARIO 1 - S-Shape					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	349,2	251,40	855	111	1217,04
2	343,6	247,37	720	97	1064,11
3	342	246,22	810	106	1161,84
4	305,2	219,73	855	107	1182,20
5	370,8	266,95	720	99	1085,65
6	336	241,90	720	96	1058,09
7	244,8	176,24	855	103	1134,37
8	332	239,02	900	114	1252,92
9	328,8	236,72	855	109	1200,89
10	323,2	232,69	675	91	998,45
11	322,4	232,11	855	109	1195,82
12	319,2	229,81	810	104	1143,79
13	371,6	267,53	765	103	1135,78
14	327,6	235,85	855	109	1199,94
15	384,8	277,03	765	104	1146,24
16	330,8	238,16	810	105	1152,97
17	371,2	267,24	855	112	1234,47
18	418,4	301,22	765	107	1172,85
19	315,2	226,93	675	90	992,12
20	310	223,18	720	94	1037,50
21	305,2	219,73	765	98	1083,20
22	328	236,14	765	100	1101,26
Total	7380,0	5313,2	17370	2268	24951,49

OPERARIO 2 - S-Shape					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	355,6	256,01	760	102	1117,61
2	302,8	218,00	720	94	1031,80
3	324,4	233,55	800	103	1136,90
4	339,6	244,49	720	96	1060,94
5	353,6	254,57	640	89	984,03
6	332,8	239,60	640	88	967,56
7	358,8	258,32	720	98	1076,15
8	321,2	231,25	680	91	1002,37
9	383,2	275,88	680	96	1051,47
10	309,6	222,89	640	86	949,18
11	398	286,54	760	105	1151,19
12	385,6	277,61	720	100	1097,37
13	327,6	235,85	640	88	963,44
14	356,4	256,59	800	106	1162,25
15	339,2	244,20	680	92	1016,62
16	330	237,58	720	96	1053,34
17	318,8	229,52	640	87	956,47
Total	5837,2	4202,4	11960	1616	17778,69

OPERARIO 3 - S-Shape					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	318,8	229,52	688	92	1009,27
2	270,8	194,96	817	101	1113,16
3	346,8	249,68	774	102	1126,04
4	316,8	228,08	731	96	1054,99
5	284	204,46	817	102	1123,61
6	337,6	243,05	774	102	1118,76
7	325,2	234,13	688	92	1014,34
8	338,4	243,63	817	106	1166,69
9	337,2	242,76	774	102	1118,44
10	344,4	247,95	817	106	1171,44
11	326	234,70	774	101	1109,57
12	357,2	257,16	817	107	1181,58
13	332,8	239,60	688	93	1020,36
14	326	234,70	774	101	1109,57
15	352,4	253,71	817	107	1177,78
16	327,2	235,57	645	88	968,62
17	314,4	226,35	645	87	958,48
18	335,6	241,61	731	97	1069,87
19	305,6	220,01	774	99	1093,42
20	333,2	239,88	774	101	1115,27
Total	6530,4	4701,5	15136	1984	21821,26

OPERARIO 4 - S-Shape					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	322	231,82	748	98	1077,80
2	336,8	242,48	704	95	1041,12
3	310	223,18	704	93	1019,90
4	351,6	253,13	748	100	1101,24
5	395,6	284,81	792	108	1184,49
6	322	231,82	792	102	1126,20
7	361,2	260,04	704	96	1060,45
8	343,2	247,08	704	95	1046,19
9	372,4	268,11	704	97	1069,32
10	289,6	208,50	704	91	1003,74
11	319,6	230,09	792	102	1124,30
12	309,6	222,89	792	101	1116,38
13	312,8	225,20	748	97	1070,52
14	322,4	232,11	748	98	1078,12
15	326,4	234,99	792	103	1129,69
16	378,8	272,71	792	106	1171,19
17	315,2	226,93	616	84	927,22
18	356	256,30	836	109	1201,53
19	401,6	289,13	748	104	1140,84
Total	6446,8	4641,3	14168	1881	20690,26

Anexo 6. Resultados de distancia de modelo S-Shape y tiempos asociados. Día demanda alta.

OPERARIO 1 - S-Shape					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	349,2	251,40	765	102	1118,04
2	347,6	250,25	765	102	1116,78
3	315,2	226,93	765	99	1091,12
4	301,2	216,85	720	94	1030,53
5	370,8	266,95	675	94	1036,15
6	356	256,30	810	107	1172,93
7	324,4	233,55	900	113	1246,90
8	300	215,98	720	94	1029,58
9	328,8	236,72	720	96	1052,39
10	323,2	232,69	855	109	1196,45
11	322,4	232,11	810	104	1146,32
12	319,2	229,81	855	108	1193,29
13	349,6	251,69	765	102	1118,36
14	335,6	241,61	855	110	1206,27
15	360,8	259,76	765	102	1127,23
16	330,8	238,16	675	91	1004,47
17	371,2	267,24	810	108	1184,97
18	418,4	301,22	855	116	1271,85
19	315,2	226,93	855	108	1190,12
20	260,4	187,47	855	104	1146,72
21	319,2	229,81	855	108	1193,29
22	328	236,14	810	105	1150,76
23	318,8	229,52	720	95	1044,47
24	330	237,58	675	91	1003,84
25	341,2	245,64	855	110	1210,71
Total	8337,2	6002,3	19710	2571	28283,53

OPERARIO 2 - S-Shape					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	362,4	260,91	720	98	1079,00
2	327,6	235,85	680	92	1007,44
3	385,6	277,61	640	92	1009,37
4	398	286,54	760	105	1151,19
5	321,6	231,53	720	95	1046,69
6	383,2	275,88	640	92	1007,47
7	319,2	229,81	760	99	1088,79
8	358,8	258,32	800	106	1164,15
9	324,8	233,84	720	95	1049,22
10	311,6	224,33	720	94	1038,77
11	339,6	244,49	680	92	1016,94
12	318,4	229,23	720	95	1044,15
13	302,8	218,00	680	90	987,80
14	319,6	230,09	640	87	957,10
15	318,8	229,52	680	91	1000,47
16	274	197,26	800	100	1096,99
17	350,8	252,56	720	97	1069,81
18	310,8	223,76	640	86	950,13
19	284	204,46	640	84	928,91
20	337,6	243,05	680	92	1015,36
21	325,2	234,13	640	87	961,54
22	338,4	243,63	800	104	1147,99
23	337,2	242,76	640	88	971,04
24	350,4	252,27	720	97	1069,49
Total	8000,4	5759,8	16840	2260	24859,81

OPERARIO 3 - S-Shape					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	314,8	226,64	774	100	1100,70
2	373,2	268,68	688	96	1052,35
3	348,8	251,12	817	107	1174,93
4	374	269,26	645	91	1005,68
5	352,4	253,71	774	103	1130,48
6	327,2	235,57	817	105	1157,82
7	348	250,54	645	90	985,09
8	335,6	241,61	774	102	1117,17
9	305,6	220,01	817	104	1140,72
10	333,2	239,88	817	106	1162,57
11	322	231,82	774	101	1106,40
12	336,8	242,48	817	106	1165,42
13	310	223,18	774	100	1096,90
14	347,6	250,25	731	98	1079,38
15	395,6	284,81	774	106	1164,69
16	324	233,26	645	88	966,09
17	357,2	257,16	645	90	992,38
18	355,2	255,72	817	107	1180,00
19	340,4	245,07	817	106	1168,28
20	291,6	209,94	688	90	987,73
21	337,6	243,05	731	97	1071,46
22	307,6	221,45	688	91	1000,40
23	312,8	225,20	774	100	1099,12
Total	7751,2	5580,4	17243	2282	25105,76

OPERARIO 4 - S-Shape					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	322,4	232,11	688	92	1012,12
2	307,2	221,17	645	87	952,78
3	378,8	272,71	731	100	1104,09
4	315,2	226,93	774	100	1101,02
5	356	256,30	645	90	991,43
6	401,6	289,13	792	108	1189,24
7	298	214,54	704	92	1010,40
8	328,8	236,72	817	105	1159,09
9	323,2	232,69	645	88	965,45
10	322,4	232,11	774	101	1106,72
11	319,2	229,81	774	100	1104,19
12	349,6	251,69	774	103	1128,26
13	307,2	221,17	688	91	1000,08
14	353,2	254,28	817	107	1178,41
15	341,2	245,64	774	102	1121,61
16	330	237,58	688	93	1018,14
17	341,2	245,64	817	106	1168,91
18	362,4	260,91	774	103	1138,40
19	344,8	248,24	817	107	1171,76
20	274	197,26	817	101	1115,69
21	346,8	249,68	817	107	1173,34
22	312,8	225,20	774	100	1099,12
23	284	204,46	645	85	934,41
24	333,6	240,17	792	103	1135,39
25	357,2	257,16	817	107	1181,58
26	348,8	251,12	731	98	1080,33
Total	8659,6	6234,4	19531	2577	28341,95

Anexo 7. Resultados de distancia de modelo S-Shape y tiempos asociados. Día demanda baja.

OPERARIO 1 - S-Shape					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	367,2	264,36	720	98	1082,80
2	343,6	247,37	900	115	1262,11
3	333,6	240,17	675	92	1006,69
4	328,4	236,43	810	105	1151,07
5	386,4	278,19	720	100	1098,00
6	336	241,90	720	96	1058,09
7	356,4	256,59	855	111	1222,75
8	354,4	255,15	855	111	1221,16
9	371,6	267,53	855	112	1234,78
10	346	249,10	765	101	1115,51
11	371,6	267,53	855	112	1234,78
12	364	262,06	855	112	1228,76
13	349,6	251,69	855	111	1217,36
14	354	254,86	810	106	1171,35
Total	4962,8	3572,9	11250	1482	16305,22

OPERARIO 2 - S-Shape					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	344	247,66	640	89	976,43
2	327,2	235,57	680	92	1007,12
3	364,4	262,35	720	98	1080,58
4	362,8	261,20	800	106	1167,31
5	345,6	248,81	720	97	1065,69
6	340,4	245,07	760	101	1105,58
7	372	267,82	680	95	1042,60
8	312	224,62	640	86	951,08
9	358,4	258,03	720	98	1075,83
10	344,8	248,24	640	89	977,06
11	350,4	252,27	640	89	981,49
12	341,6	245,93	680	93	1018,53
13	352,8	254,00	720	97	1071,40
Total	4516,4	3251,5	9040	1229	13520,70

OPERARIO 3 - S-Shape					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	328,8	236,72	817	105	1159,09
2	352	253,42	688	94	1035,56
3	326,8	235,28	774	101	1110,20
4	367,2	264,36	774	104	1142,20
5	327,6	235,85	688	92	1016,24
6	374,8	269,83	817	109	1195,52
7	362,8	261,20	645	91	996,81
8	310,8	223,76	817	104	1144,83
9	366,8	264,07	817	108	1189,18
10	317,6	228,65	817	105	1150,22
11	342	246,22	774	102	1122,24
12	336	241,90	731	97	1070,19
13	324,8	233,84	774	101	1108,62
14	388	279,34	645	92	1016,77
15	352	253,42	731	98	1082,86
16	390,4	281,07	774	106	1160,57
Total	5568,4	4008,9	12083	1609	17701,12

OPERARIO 4 - S-Shape					
Pedido	Distancia (m)	Tiempo de desplazamiento (s)	Tiempo de Cargue (s)	Suplementos (s)	Tiempo Total (s)
1	343,6	124,04	792	92	1007,65
2	339,2	122,45	704	83	909,10
3	346,4	125,05	704	83	911,96
4	332	119,86	792	91	1003,04
5	342	123,47	748	87	958,61
6	365,2	131,84	792	92	1016,23
7	355,2	128,23	748	88	963,85
8	332,4	120,00	704	82	906,40
9	349,6	126,21	704	83	913,23
10	374,8	135,31	792	93	1020,04
11	345,2	124,62	704	83	911,48
12	364,4	131,55	704	84	919,11
Total	4190,0	1512,6	8888	1040	11440,70