



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA
PRODUCCIÓN

Reducción de tiempo de reabastecimiento en el centro de distribución de una empresa
productora de baterías para vehículos

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniería Industrial

Presentado por:

Alarcón Álvarez Nicolás Antonio

Barona Zambrano Eduardo Geovanny

Guayaquil – Ecuador

Año: 2024

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a mis seres queridos, cuyo apoyo incondicional y aliento constante han sido una base sólida en este proyecto.

Dedico este trabajo a mis padres, por su paciencia y comprensión durante largas horas de investigación y estudio. A mis amigos, que con sus palabras de ánimo y su confianza en mis capacidades han sido el motor que me ha llevado hasta la meta.

Nicolás Antonio Alarcón Álvarez

Dedicatoria

Este proyecto va dedicado a Rosa, mi novia, mi compañera y apoyo constante en este camino, por su amor, paciencia, y motivación inquebrantable durante este proyecto y durante todos los años de mi carrera universitaria. A mi padre, por ser siempre mi ejemplo de perseverancia y esfuerzo. A mis dos hermanas, por estar siempre presentes. A mi abuelo, quien en vida siempre me apoyó y animó. Y a mi abuela y mi tía, por su cariño y respaldo incondicional. A todos ustedes, les dedico este logro con todo mi amor y gratitud.

Eduardo Geovanny Barona Zambrano

Agradecimientos

Mis más sinceros agradecimientos a mis padres, quienes han sido mi pilar constante a lo largo de todo este proceso. Su amor incondicional, apoyo y aliento han sido fundamental para superar los desafíos y alcanzar esta meta.

A mi hermana por su apoyo y motivación inquebrantable. Su presencia y templanza me han brindado la fuerza y determinación necesarias para lograr este objetivo.

A mi compañero Eduardo, por su dedicación y esfuerzo compartido. Juntos hemos superado retos y celebrados logros, y tu compromiso ha sido esencial para el éxito de este proyecto.

Nicolás Antonio Alarcón Álvarez

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todos mis seres queridos, los cuales me han acompañado en toda mi carrera universitaria, y siempre me han impulsado a ser mejor.

A mi compañero Nicolás, por ser parte de este proyecto, y poner su dedicación, tiempo y esfuerzo para el éxito de este proyecto.

Eduardo Geovanny Barona Zambrano

Declaración Expresa

Nosotros Nicolás Antonio Alarcón Álvarez y Eduardo Geovanny Barona Zambrano acordamos y reconocemos que:

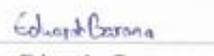
La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 21 de Mayo del 2024.


Nicolás Antonio
Alarcón Álvarez


Eduardo Geovanny
Barona Zambrano

Evaluadores

Sofía Anabel López I., M.Sc.

Profesor de Materia

Jenny Pilar Gutiérrez L., PhD.

Tutor de proyecto

Resumen

El siguiente documento muestra la aplicación de la metodología DMAIC en un proyecto de mejora destinado a la reducción del tiempo de recepción de baterías en el centro de distribución de una empresa de baterías. La optimización de este proceso es fundamental desde el punto de vista operativo, ya que, al reducir el tiempo de recepción de baterías, mejora la eficiencia de las operaciones y la satisfacción del cliente interno.

El tiempo de recepción actual es de 1.69 horas en promedio, afectando así la capacidad del centro de distribución para satisfacer completamente la demanda diaria. Se definió como objetivo reducir el tiempo de recepción mediante un sistema que optimice el armado de pallets, y con herramientas complementarias permita facilitar el trabajo para los operadores que realizan la recepción de baterías.

Para lograrlo, se emplearon soluciones como un sistema de optimización de envíos, procesos de estandarización, y sistemas de identificación, sumado a un plan de control riguroso. La implementación de estas soluciones permitió reducir el tiempo de recepción de baterías en un 31% del GAP, logrando una mejora en la eficiencia operativa y una mayor satisfacción del cliente.

Palabras Clave: DMAIC, optimización, baterías, paletización

Abstract

The following document shows the application of the DMAIC methodology in an improvement project aimed at reducing the reception time of batteries in the distribution center of a battery company. Optimizing this process is essential from an operational point of view, since, by reducing battery reception time, it improves the efficiency of operations and internal customer satisfaction.

The current reception time is 1.69 hours on average, thus affecting the distribution center's ability to fully meet daily demand. The objective was to reduce reception time through a system that optimizes the assembly of pallets, as well as facilitate the reception process of batteries by operators implementing additional tools of improvement.

To achieve this, solutions such as a shipping optimization system, standardization processes, and identification systems were used, and added to a rigorous control plan. The implementation of these solutions allowed us to reduce the battery reception time 31% of GAP, achieving an improvement in operational efficiency and greater customer satisfaction.

Keywords: DMAIC, optimization, batteries, palletization

Índice general

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	VI
Índice de figuras.....	VII
Índice de tablas	VIII
Capítulo 1.....	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Descripción del problema	2
1.3 Justificación del problema	5
1.3.1 Justificación Económica	5
1.3.2 Justificación Ambiental.....	5
1.3.3 Justificación Social	6
1.4 Alcance del proyecto.....	6
1.5 Restricciones del proyecto	8
1.6 Objetivos.....	9
1.6.1 Objetivo general.....	9
1.6.2 Objetivos específicos.....	9
1.7 Marco Teórico.....	9
1.7.1 Metodología DMAIC	9
1.7.2 Voice of Customer (VOC)	10
1.7.3 CTQ Tree (CTQ)	10
1.7.4 Diagrama de Ishikawa	11
1.7.5 SIPOC	11
1.7.6 Ley de Pareto	12
1.7.7 Problema de empaquetamiento.....	12
Capítulo 2.....	13
2. Metodología	14
2.1. Definición.....	14
2.1.1. Antecedentes del cliente.....	14
2.1.2. Voz del cliente.....	14
2.1.3. Críticos para la calidad.....	16
2.1.4. Variable de respuesta	16

2.1.5. Definición del problema	17
2.2. Medición.....	18
2.2.1. Plan de recolección de datos	18
2.2.2. Prueba de normalidad	19
2.2.3. Análisis de capacidad	20
2.2.4. Problema enfocado.....	21
2.3. Análisis.....	21
2.3.1. Diagrama Ishikawa	21
2.3.2. Matriz Causa-Efecto.....	22
2.3.3. Matriz Impacto-Control.....	25
2.3.4. Plan de verificación de causas	26
2.3.5. Verificación de causas	26
2.3.5.1. Verificación de causa: “Armado de pallets ineficiente”	26
2.3.5.2. Verificación de causa: “Sistema de secuencia de tareas ineficiente”	27
2.3.6. Análisis de los cinco por qué	28
2.3.7. Potenciales Causas Raíz.....	29
Capítulo 3.....	30
3. Resultados y análisis 3.1. Mejora.....	31
3.1.1. Soluciones propuestas	31
3.1.2. Matriz Impacto-Esfuerzo	31
3.1.3. Análisis financiero por solución.....	33
3.1.4. Plan de implementación	34
3.2. Implementación de soluciones	35
3.2.1. Sistema de optimización de envío de baterías	35
3.2.2. Estandarización del proceso de reposición para una liberación de orden eficiente ...	40
3.2.3. Sistema de identificación de pallets para baterías comunes.....	45
3.3. Resultados y análisis	50
3.3.1. Justificación económica.....	51
3.3.2. Justificación ambiental	52
3.3.3. Justificación social.....	53
3.3.4. Plan de control	54
Capítulo 4.....	55
4. Conclusiones y recomendaciones	56
4.1. Conclusiones	56
4.2. Recomendaciones.....	56

REFERENCIAS.....57

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
SIPOC	Supply – Input – Process – Output – Customer
CTQ	Critical To Quality
LPN	License Plate Number
ASN	Advance Shipping Notice
WMS	Warehouse Managment System
ERP	Enterprise Resource Planning

Índice de figuras

Figura 1	Representación de la cadena de suministro actual de la empresa	3
Figura 2	<i>Representación de la cadena de suministro actual de la empresa</i>	4
Figura 3	Diagrama con los puntos más importantes obtenido de las entrevistas con los clientes	15
Figura 4	CTQ Tree de las necesidades de los clientes	16
Figura 5	Gráfico de control del tiempo de recepción en el centro de Distribución de Quito	17
Figura 6	Prueba de normalidad para la variable de respuesta	19
Figura 7	Análisis de capacidad para la variable de respuesta	20
Figura 8	Definición del problema enfocado utilizando la herramienta 3W+2H	21
Figura 9	Diagrama Ishikawa	22
Figura 10	Diagrama Pareto de las causas potenciales en la matriz causa-efecto	24
Figura 11	Matriz Impacto-Control	25
Figura 12	Operario realizando el armado de un pallet de baterías mezcladas y con desniveles	27
Figura 13	Aparato que indica la ruta a seguir para armar los pallets	28
Figura 14	Racks de baterías con espacios vacíos en el nivel 1 y 2	28
Figura 15	Causas y soluciones propuestas	31
Figura 16	Matriz de Impacto Esfuerzo mostrando las soluciones escogidas	32
Figura 17	El coordinador del centro de distribución de Guayaquil utilizando el software	35
Figura 18	Sección de ingreso de tipos de cargas	36
Figura 19	Ingreso de los parámetros del pallet	36
Figura 20	Ingreso de los parámetros del camión	37
Figura 21	Imagen del camión cargado con los pallets	38
Figura 22	Descripción de un pallet	38
Figura 23	Paso a paso del armado de un pallet	39
Figura 24	Paso a paso de la subida de los pallets al camión	39
Figura 25	Ruta del operador durante el Picking	40
Figura 26	Ficha del proceso de reabastecimiento	42
Figura 27	Proceso de reabastecimiento de niveles 1 y 2 del rack	43
Figura 28	Simulación del proceso de recepción	43
Figura 29	Resultados de la simulación en flexsim	44
Figura 30	Formato de la tarjeta de identificación	46
Figura 31	Pallet con la tarjeta de identificación colocada	47
Figura 32	Colorimetría de las tarjetas de identificación	47
Figura 33	Tarjetas de identificación marcadas	48
Figura 34	Pallet embalado con la tarjeta colocada	49
Figura 35	Pallets con tarjeta de identificación amarilla	49
Figura 36	Gráficos de control del tiempo de recepción antes de aplicar las soluciones y después	50
Figura 37	Gráfico de promedio de baterías stock out por día	51
Figura 38	Gráfico de ganancias promedio por la venta adicional de baterías	52
Figura 39	Gráfico de promedio de baterías dañadas por semana	53
Figura 40	Gráfico de Índice de satisfacción de cliente interno	54

Índice de tablas

Tabla 1 Diagrama SIPOC de los procesos involucrados en la recepción de baterías en el centro de distribución de Quito y el armado de pallets en el centro de distribución de Guayaquil	7
Tabla 2 Escenarios para la definición de los objetivos	18
Tabla 3 Plan de recolección de datos	18
Tabla 4 Tabla del significado de cada valor con respecto a los actores principales de la empresa	22
Tabla 5 Tabla del significado de cada valor con respecto a la significancia de las causas con respecto al problema enfocado	23
Tabla 6 Matriz Causa-Efecto.....	23
Tabla 7 Causas potenciales con mayor ponderación	24
Tabla 8 Plan de verificación de causas.....	26
Tabla 9 Análisis de los 5 por qué de las causas potenciales escogidas	14
Tabla 10 Soluciones escogidas con su método de implementación	33
Tabla 11 Costos detalladas de cada solución.....	34
Tabla 12 Plan de implementación de las 3 soluciones escogidas	34
Tabla 13 Plan de control por cada solución propuesta	54

Capítulo 1

1.1 Introducción

En el entorno empresarial actual, la eficiencia operativa y la agilidad en la cadena de suministro son factores críticos para mantener la competitividad. Un área clave en la que muchas organizaciones buscan mejoras es la gestión del tiempo de recepción de productos en sus centros de distribución. Este proyecto se enfoca específicamente en la reducción del tiempo de recepción de baterías en un centro de distribución.

La recepción rápida y eficiente de baterías no solo mejora la disponibilidad del inventario y reduce costos, sino que también optimiza el flujo de trabajo, minimiza tiempo de espera y mejora la satisfacción del cliente. Este proyecto tiene como objetivo analizar los procesos actuales, identificar oportunidades de mejora y proponer soluciones prácticas para agilizar la recepción de baterías.

Para alcanzar nuestros objetivos, se utilizará la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). DMAIC es una metodología estructurada y basada en datos que proporciona un marco robusto para la mejora continua de procesos. A través de cada una de sus fases, se buscará entender profundamente los problemas actuales, establecer métricas claras, analizar causas raíz, implementar soluciones efectivas y asegurar que los beneficios sean sostenibles a largo plazo.

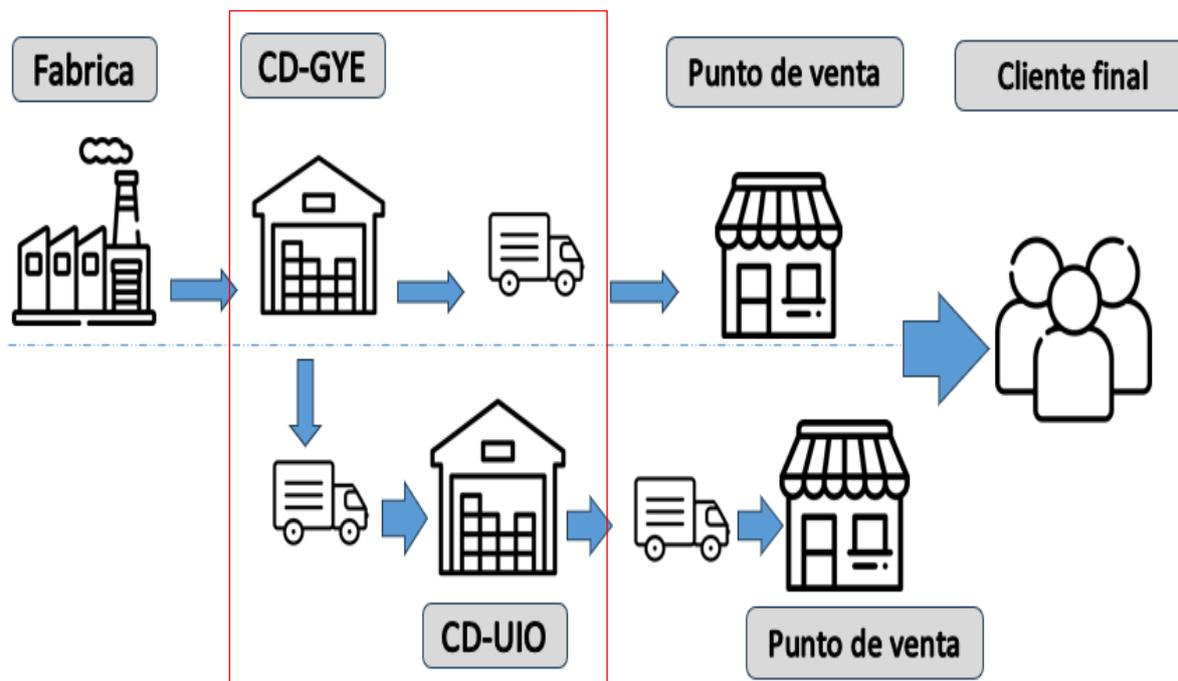
1.2 Descripción del problema

En la cadena de suministro, la eficiencia en el proceso de reabastecimiento es crucial para la optimización de los recursos operativos y la satisfacción del cliente. En el contexto específico de una empresa productora de baterías para vehículos, el tiempo que toma descargar y almacenar los productos en el centro de distribución de Quito representa un desafío

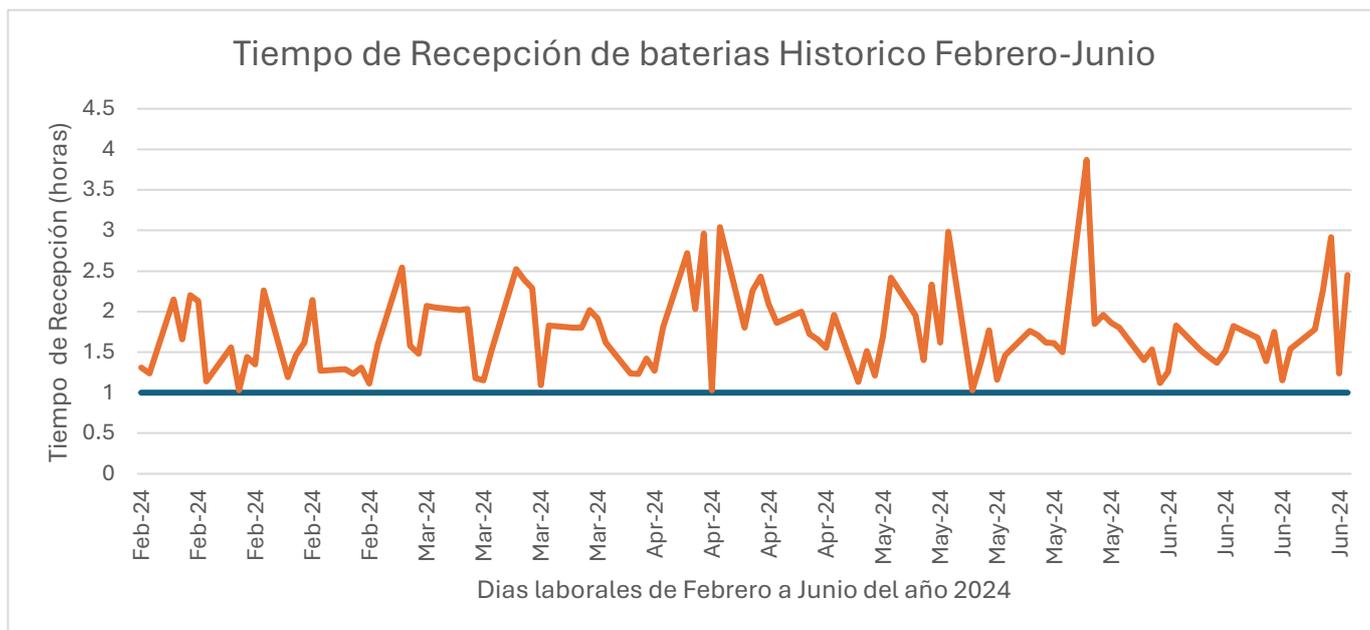
significativo. Este proceso, que actualmente dura entre una hora y media y dos horas, depende de diversos factores operativos que necesitan ser evaluados y optimizados.

Figura 1

Representación de la cadena de suministro actual de la empresa



Como se observa en la Figura 1, el centro de distribución de Guayaquil (CD-GYE) es responsable de abastecer al centro de distribución de Quito (CD-UIO). El análisis del presente proyecto se centrará en la interacción entre estos dos eslabones clave de la cadena de suministro.

Figura 2*Representación de la cadena de suministro actual de la empresa*

De acuerdo con el tiempo de recepción histórico desde febrero a junio del año 2024, el cual se puede observar en la Figura 2, los tiempos de recepción en los últimos 5 meses ha mantenido por encima el tiempo de recepción esperado por la empresa, por lo tanto, se considera necesario el análisis de las condiciones actuales del proceso de recepción de baterías, con el fin de lograr una reducción en el tiempo de recepción de baterías en el centro de distribución de Quito.

Entre los factores que contribuyen a esta ineficiencia se encuentran el horario de envío de las órdenes de abastecimiento, las cantidades de baterías enviadas, el orden de los pallets en los camiones, la forma en que se arman los pallets y las decisiones operativas tomadas por los trabajadores.

La necesidad de reducir estos tiempos de reabastecimiento es evidente y requiere un análisis exhaustivo para identificar las causas subyacentes y proponer soluciones eficaces.

Mejorar la eficiencia en el centro de distribución es un imperativo estratégico que puede conducir a una reducción significativa de los costos operativos y a una mejora en la satisfacción del cliente, fortaleciendo así la posición de la empresa en el mercado.

1.3 Justificación del problema

El presente proyecto se enfoca en mejorar la productividad dentro del área de distribución de una empresa productora de baterías para vehículos. Actualmente, el proceso de descarga y almacenamiento de baterías en el centro de distribución de Quito presenta ineficiencias significativas, prolongando los tiempos de operación entre una hora y media y dos horas. Esta situación afecta negativamente la eficiencia operativa y aumenta los costos, impactando la competitividad y la satisfacción del cliente.

1.3.1 Justificación Económica

Al reducir el tiempo de recepción de baterías del centro de distribución de Quito se reduce el tiempo dedicado a esta actividad, lo que se traduce a mantener mejores niveles de inventario permitiendo al centro de distribución realizar más despachos a clientes, para el evaluar el impacto económico se usara el siguiente indicador.

Ganancias por ventas de baterías =

Cantidad de baterías despachadas * Precio unitario de cada modelo 1.1)

1.3.2 Justificación Ambiental

Actualmente, el incorrecto armado de los pallets de baterías, por la variación en las dimensiones de cada modelo, provoca problemas ambientales y operativos significativos. Este armado ineficiente de los pallets durante el transporte desde la planta productora hasta el centro de distribución en Quito resulta en daños frecuentes

a las baterías. Como consecuencia, muchas baterías deben ser recicladas prematuramente, sin haber cumplido con su vida útil esperada.

$$\mathbf{Productos\ da\~nados} = \frac{\mathbf{Cantidad\ de\ baterias\ da\~nadas}}{\mathbf{Total\ de\ baterias\ recibidas}} * \mathbf{100} \quad 1.2)$$

1.3.3 *Justificación Social*

El presente proyecto plantea el análisis del proceso de reabastecimiento de baterías en la ruta Guayaquil-Quito. Actualmente, existen discrepancias entre los modelos de baterías solicitados y los modelos de baterías recibidos, lo que genera insatisfacción entre los operadores del centro de distribución en Quito. Identificar y resolver estas discrepancias requiere un esfuerzo adicional significativo, y, además, provoca retrasos en los despachos programados.

$$\mathbf{Satisfacci\~n\ de\ cliente\ interno} = \mathbf{1} - \frac{\mathbf{Cantidad\ de\ discrepancias\ en\ la\ orden}}{\mathbf{Total\ de\ baterias\ de\ la\ orden}} \quad (1.3)$$

1.4 Alcance del proyecto

En este proyecto de investigación se analizarán los procesos actuales de descarga y almacenamiento de baterías en el centro de distribución de Quito que provocan el aumento de los costos operativos. El alcance del proyecto abarcará la identificación y evaluación de los factores que afectan la eficiencia del proceso de reabastecimiento y la implementación de mejoras para asegurar la eficiencia de los procesos de distribución y el cumplimiento de un nivel óptimo de servicio, se elaboró un diagrama SIPOC (Tabla 1) para sintetizar los proveedores, insumos, procesos, productos y clientes implicados en el proceso de reabastecimiento de baterías entre en el centro de distribución de Guayaquil y el centro de distribución de Quito.

Tabla 1

Diagrama SIPOC de los procesos involucrados en la recepción de baterías en el centro de distribución de Quito y el armado de pallets en el centro de distribución de Guayaquil

PROVEEDORES	ENTRADAS	PROCESOS	SALIDAS	CLIENTES
Encargado del centro de Distribución	Pallets	Revisar amortiguadores	Baterías Verificadas	Centro de Distribución de Guayaquil
	Información de los amortiguadores de Quito (OneBeat)	Realizar orden de reabastecimiento	Orden de reabastecimiento	
Centro de Distribución de Guayaquil	Orden de reabastecimiento	Picking de la orden	Pallets con baterías organizadas	Operadores
Operadores	Pallets con baterías organizadas	Embarque de la orden	Pallets transportados	Centro de Distribución de Quito
Centro de Distribución de Guayaquil	Pallets en el camión	Descargar el camión	Pallets descargados	Centro de Distribución de Quito
	Guía de las baterías enviadas	Validar el manifiesto en físico de la mercadería	Confirmación de la orden	
Operadores del Centro de Distribución de Quito	Pallets Descargados	Colocar mercadería en zona correspondiente	Baterías revisadas	Centro de Distribución de Quito
Operadores del Centro de Distribución de Quito	Baterías	Cerrar la ASN a nivel de WMS e INFOR	Baterías almacenadas	Centro de Distribución de Quito

El proyecto se centrará en los siguientes aspectos:

- **Horarios de Envío:** Evaluar el impacto de los horarios de envío en la eficiencia del proceso de descarga y almacenamiento.
- **Cantidades Enviadas:** Analizar cómo las diferentes cantidades de baterías enviadas afectan el tiempo de descarga y almacenamiento.

- **Orden de los Pallets Enviados:** Determinar si el orden de los pallets en el camión influye en la eficiencia de la descarga.
- **Orden de Armado de los Pallets:** Evaluar si el orden de armado de los pallets impacta el tiempo de descarga y almacenamiento.
- **Decisiones del Operador:** Analizar cómo las decisiones y acciones de los operadores influyen en la eficiencia del proceso.

Este análisis permitirá identificar las causas subyacentes de los retrasos y proponer soluciones eficaces para reducir los tiempos de reabastecimiento, optimizando así la operatividad del centro de distribución y contribuyendo a la competitividad de la empresa en el mercado.

1.5 Restricciones del proyecto

Para el desarrollo del proyecto es necesario tomar las siguientes consideraciones en cuanto a las restricciones del proceso de reabastecimiento de baterías.

- **Horarios de envíos:** Actualmente, los envíos en la ruta Guayaquil-Quito se realizan exclusivamente entre las 10:00 a.m. y las 11:00 a.m. Durante este intervalo, se lleva a cabo el embarque y envío de la carga. Por razones de seguridad, estos envíos están restringidos a la jornada matutina.
- **Carga máxima:** Los contenedores utilizados para el transporte de baterías tienen una capacidad máxima de aproximadamente 1000 baterías.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Reducir el tiempo de recepción de baterías a 1 hora y 18 minutos en el centro de distribución de Quito en los próximos 3 meses, implementando mejoras en los procedimientos operativos y gestión de inventarios, garantizando así mayor eficiencia y satisfacción del cliente interno.

1.6.2 Objetivos específicos

- Mejorar la precisión del armado de Pallets en el centro de distribución de Guayaquil.
- Agilizar el proceso de desempaque de los Pallets en el centro de distribución de Quito.
- Optimizar la utilización de los niveles de la bodega en el centro de distribución de Guayaquil.

1.7 Marco Teórico

1.7.1 Metodología DMAIC

DMAIC es un enfoque estructurado que se utiliza en la gestión de proyectos y la mejora de procesos, particularmente en la metodología Six Sigma. Esta metodología se compone de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Cada una de sus fases juega un papel fundamental en asegurar que los proyectos de mejora no solo resuelvan los problemas actuales, sino que también sean sostenibles a largo plazo.

Six Sigma es un sistema completo y flexible para lograr, mantener y maximizar el éxito empresarial. Six Sigma se impulsa de manera única por un entendimiento cercano a las necesidades del cliente, el uso disciplinado de hechos, datos y análisis estadístico, y la

atención dirigida a la gestión, mejora y reinención de los procesos empresariales (Jadhav, Jadhav & Bhagat, 2015).

1.7.2 *Voice of Customer (VOC)*

La Voz del Cliente es un proceso que recoge y analiza las opiniones de los clientes sobre productos, servicios y experiencias. Se trata de entender lo que los clientes realmente valoran y necesitan, así como identificar áreas de mejora desde su perspectiva. Este enfoque es fundamental para el desarrollo de productos y servicios que realmente satisfagan las expectativas del mercado.

Esta metodología denominada VOC, La Voz del Cliente, permite obtener información directa e indirecta mediante entrevistas, encuestas o grupos de discusión, y luego, permite que esa información se pueda recopilar y analizar, para poder comprender e identificar lo que los clientes quieren y necesitan, lo que permite el desarrollo, la mejora y la innovación de productos, procesos o servicios (Jach, Antony, Thomson, Cudney & Furterer, 2022).

1.7.3 *CTQ Tree (CTQ)*

CTQ es una herramienta que identifica y define los requisitos críticos para la calidad desde la perspectiva del cliente. Estos requisitos son aquellos que, si no se cumplen, resultaran en una insatisfacción del cliente o aún peor en el fracaso del producto o servicio. Los CTQ suelen derivarse del VOC y se utilizan para establecer especificaciones y parámetros de calidad que deben alcanzarse.

CTQ es un término ampliamente utilizado en el campo de las actividades de Six Sigma para describir las características clave de salida de un proceso. Un ejemplo puede ser

un elemento de un diseño o un atributo de un servicio que es crítico a los ojos del cliente. Un árbol CTQ ayuda al equipo a derivar el requisito de comportamiento más específico del cliente a partir de sus necesidades generales (Basu, 2008, pp. 53-63).

1.7.4 Diagrama de Ishikawa

Es una herramienta gráfica usada para identificar, explorar y mostrar sistemáticamente las posibles causas de un problema particular, para descubrir sus causas. La forma del diagrama se asemeja a la espina de un pez, ayuda a organizar y categorizar los posibles factores que pueden estar contribuyendo al problema, facilitando un análisis más profundo y exhaustivo.

El diagrama de Ishikawa también es conocido como diagrama de causa-efecto, diagrama de espina de pescado o diagrama de las 6M, que son, máquina, método, material, mano de obra, medio ambiente y medida (Burgasí, Delgado & Cobo, 2021).

1.7.5 SIPOC

Técnica utilizada en la gestión de procesos empresariales para documentar y analizar procesos de manera estructurada. Se utiliza principalmente en la fase de definición de proyectos de mejora de procesos, como en la metodología Six Sigma. El modelo ayuda a visualizar todos los elementos importantes de un proceso antes de que comience el trabajo detallado de mejora.

La herramienta SIPOC, sirve para poder analizar el proceso de una manera más amplia, reconociendo los proveedores, las entradas, las salidas y la vinculación que tienen los clientes con cada parte del proceso, de esta manera, podemos entender, clasificar y adaptar los requerimientos de los clientes (González & Prado, 2021).

1.7.6 Ley de Pareto

La ley de Pareto, también conocida como la regla 80/20, es una herramienta utilizada en economía, administración y mejora de procesos. Esta ley establece que, en la mayoría de los casos, aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas, este principio se ha convertido en una herramienta crucial para la toma de decisiones y la optimización de recursos en diversos campos (Sanders, 1987).

1.7.7 Problema de empaquetamiento

El problema de empaquetamiento es un problema de optimización combinatoria que consiste en determinar la mejor manera de disponer un conjunto de objetos dentro de un espacio limitado, de tal forma que se maximice el uso del espacio disponible (Coffman, Garey & Johnson, 1996).

Los objetos presentes en este problema pueden tener diferentes tamaños, formas y orientaciones, y el objetivo es acomodarlos en contenedores con capacidad limitada, siendo este modelo matemático ideal para un problema de envío de un número limitado de objetos en contenedores.

Capítulo 2

2. Metodología

2.1. Definición

2.1.1. Antecedentes del cliente

El cliente es una empresa ubicada en Vía Daule, Guayaquil, que entre sus principales actividades está la producción, venta y distribución de baterías de vehículos, repuestos automotrices y productos para limpiar y cuidar vehículos, y entre sus clientes hay minoristas y mayoristas.

2.1.2. Voz del cliente

El primer paso para iniciar este proyecto fue identificar las necesidades y expectativas del cliente. Para ello nos enfocamos en los principales involucrados en el proceso de recepción de baterías en el centro de distribución de Quito, incluyendo también los involucrados en los procesos de, el envío de la orden del armado de pallets al operario en el centro de distribución de Guayaquil, el armado y preparación de los pallets, el envío al centro de distribución de Quito, y la descarga del camión y colocación de las baterías en sus respectivos racks. Podemos observar un resumen de la voz del cliente en la Figura 3.

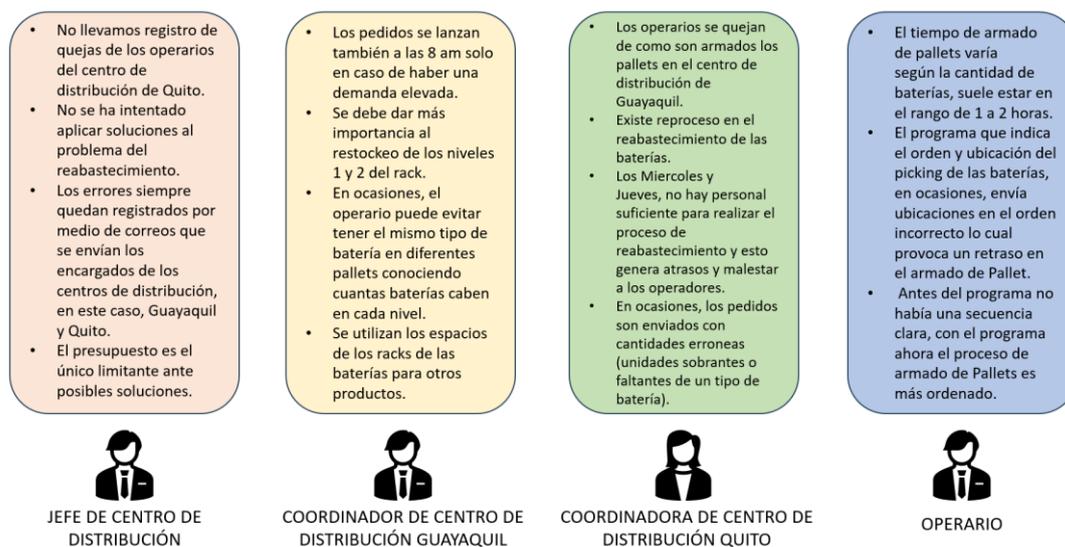
Se identificaron para estos procesos, y los principales involucrados son los siguientes:

- Jefe de los centros de distribución, es el principal responsable en la toma de decisiones estratégicas y operativas en ambos centros de distribución. Su rol incluye la supervisión de la eficiencia operativa, la implementación de mejoras y la gestión del personal. Su perspectiva y aprobación son cruciales para cualquier cambio en los procesos.

- Coordinador del centro de distribución de Guayaquil, es el responsable de la gestión diaria del centro de distribución de Guayaquil, incluyendo la coordinación del armado de pallets y la preparación de envíos. Su participación es esencial para asegurar que las operaciones en Guayaquil se alineen con las necesidades del centro de distribución de Quito.
- Coordinador del centro de distribución de Quito, es el responsable de gestionar las operaciones diarias en el centro de distribución de Quito, incluyendo la recepción y el almacenamiento de las baterías. Su función es crucial para identificar y resolver problemas en el proceso de recepción y asegurar que los tiempos de recepción sean eficientes.
- Operarios de ambos centros de distribución, son los encargados de ejecutar las tareas diarias, como el armado de pallets de Guayaquil y la recepción y almacenamiento de baterías en Quito. Su experiencia y conocimiento práctico son vitales para identificar ineficiencias y sugerir mejoras en los procesos operativos.

Figura 3

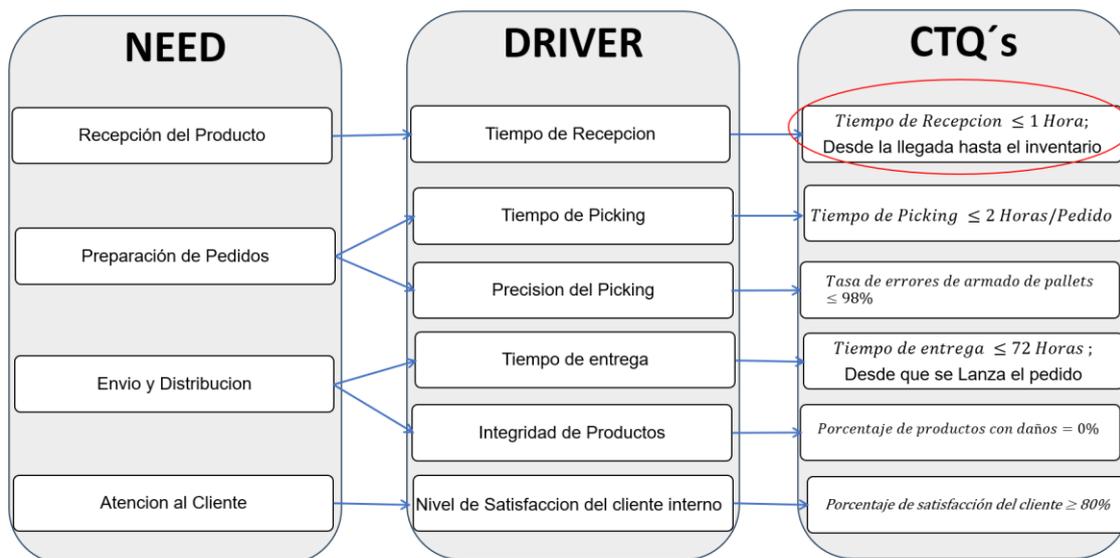
Diagrama con los puntos más importantes obtenido de las entrevistas con los clientes



2.1.3. Críticos para la calidad

Con la voz del cliente se logró definir las necesidades del cliente, por lo cual, se procede a traducir esas necesidades en criterios técnicos e indicadores controlar los aspectos críticos para la calidad. Para esto, se realiza el CTQ Tree, el cual resume las necesidades y los CTQ's que las satisfacen. En el cual, se definió que el tiempo de recepción sería el principal CTQ, ya que aborda la necesidad del problema de manera directa, se puede observar el CTQ Tree en la Figura 4.

Figura 4
CTQ Tree de las necesidades de los clientes



2.1.4. Variable de respuesta

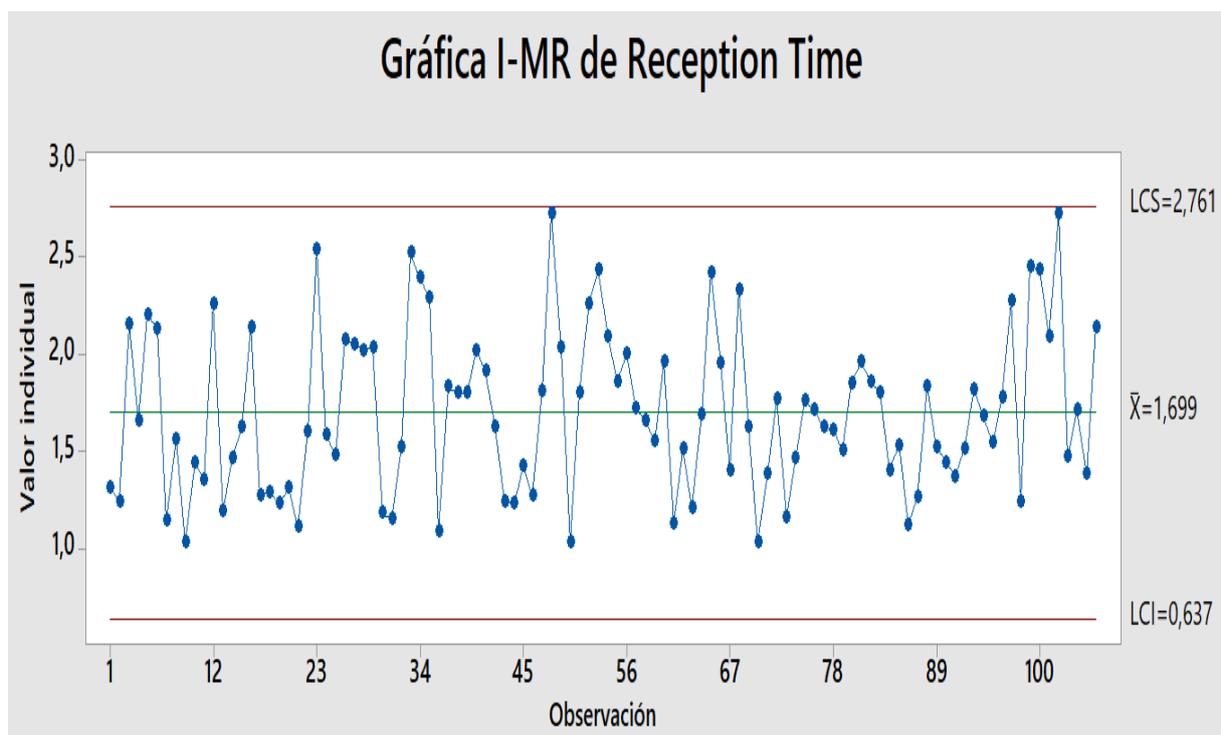
Se definió como variable de respuesta al tiempo de recepción de baterías en el centro de distribución de Quito, es un indicador que se mide y recopila de forma diaria. Este tiempo conlleva desde que se abre el camión de carga que viene desde el centro de distribución de Guayaquil, se colocan las baterías en su espacio respectivo dentro de los racks, hasta que se cierra el ASN a nivel de WMS y el ERP de la empresa.

2.1.5. Definición del problema

Analizando los datos históricos de la variable de respuesta, podemos observar en la Figura 5, que el tiempo de recepción de baterías es muy variable, y es un tiempo elevado, por lo cual, podemos observar que, **El centro de distribución de Quito enfrenta demoras en la recepción de baterías con un tiempo promedio de recepción de baterías de 1.69 horas, afectando la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente interno.**

Figura 5

Gráfico de control del tiempo de recepción en el centro de Distribución de Quito



En este problema podemos identificar una oportunidad de mejora para la situación actual del tiempo de recepción en el centro de Distribución de Quito. Para esto, se realizó un análisis de escenario, tomando en cuenta el mínimo histórico obtenido en los datos, además, de obtener el GAP actual, siendo de 41 minutos. Podemos ver el análisis de escenario en la Tabla 2.

Tabla 2*Escenarios para la definición de los objetivos*

ESCENARIO	REDUCCIÓN DEL GAP	OBJETIVO
PESIMISTA	25%	1 HORA Y 31 MINUTOS
REALISTA	50%	1 HORA Y 20 MINUTOS
OPTIMISTA	75%	1 HORA Y 10 MINUTOS

Se opta por escoger un escenario realista, lo cual indica reducir el GAP en un 50%, llegando al objetivo de llegar a 1 hora y 20 minutos en el tiempo de recepción de baterías en el centro de distribución de Quito en un lapso de 3 meses.

2.2. Medición

2.2.1. Plan de recolección de datos

Para cumplir con los objetivos propuestos se realizó un plan de recolección de datos, en cual se detalla la variable a recolectar, la unidad de medición, el tamaño de muestra y el factor de estratificación. Podemos verlo en la Tabla 3.

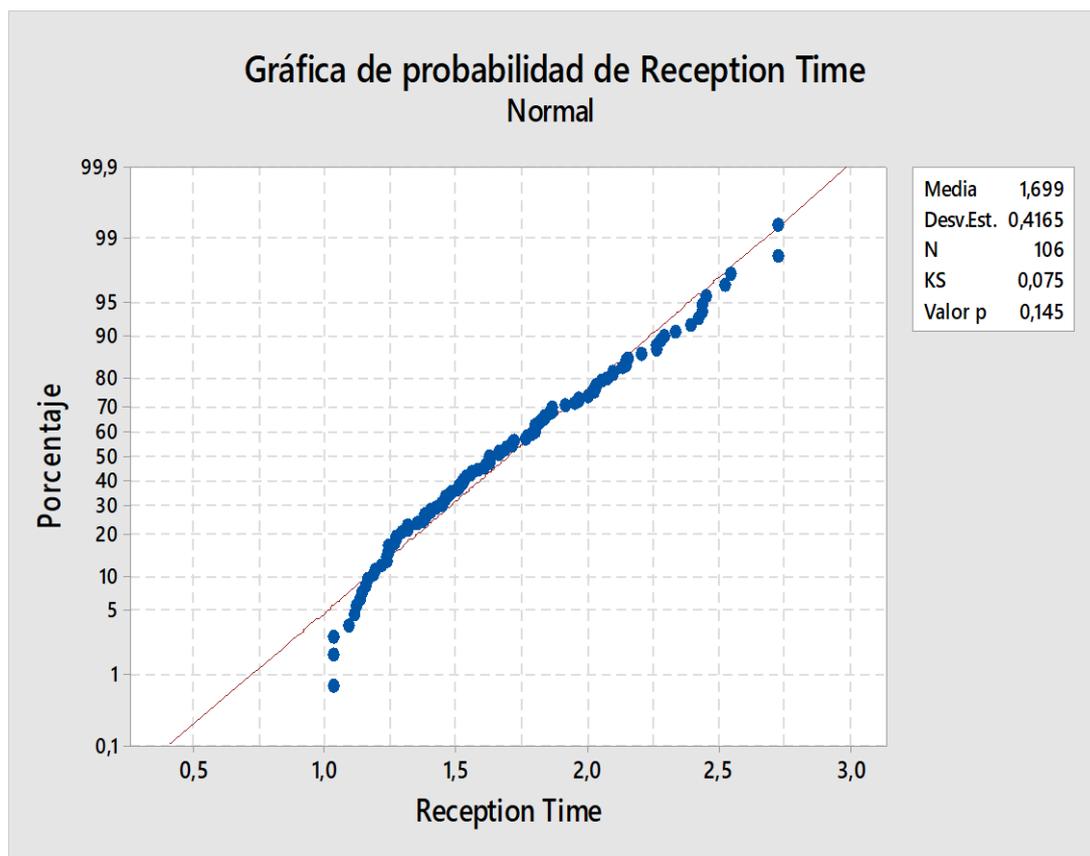
Tabla 3*Plan de recolección de datos*

PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
No.	Datos a recolectar	Unidad de medida	Tipo de dato	¿Dónde obtener?	Método de recolección	Factores de estratificación	Objetivo de recolección	Responsable
1	Listado de items	Cantidad de sku	Cuantitativo - Cualitativo	Base de datos de la empresa	Solicitar archivo	Tipo de batería, número de lote, cantidad, ubicación	Conocer las baterías, y sus ubicaciones	Coordinador CD de Guayaquil Nicolás Alarcón
2	Tiempo de recepción de baterías	Minutos	Cuantitativo	Registro de tiempos	Solicitar archivo	Operarios, cantidad, tiempo	Conocer la situación actual y comparar con el resultado de la propuesta	Coordinadora CD de Quito Eduardo Barona
3	Tiempo promedio de embarque	Minutos	Cuantitativo	Centro de distribución Guayaquil	Observación y medición	Operarios, Cantidad de baterías, Tipo de camion	Obtener un promedio necesario para el embarque de baterías	Nicolas Alarcon y Eduardo Barona
4	Tiempo de Picking	Minutos	Cuantitativo	Centro de distribución Guayaquil	Observación y medición	Operarios, Cantidad de baterías	Conocer la situación actual y comparar con el resultado de la propuesta	Nicolas Alarcón y Eduardo Barona
5	Índice de satisfacción del cliente interno	Porcentaje	Cuantitativo	Encuestas a operadores y supervisores	Encuestas y entrevistas	Tipo de batería, turno	Medir y mejorar la satisfacción del cliente interno	Nicolas Alarcón y Eduardo Barona

2.2.2. Prueba de normalidad

Una vez obtenida la información se procede con el análisis de la distribución de datos observados en la variable de respuesta. Se prueba si la normalidad de los datos históricos, esta prueba se realiza al 95% de confiabilidad para determinar si se cumplen las siguientes hipótesis:

Figura 6
Prueba de normalidad para la variable de respuesta

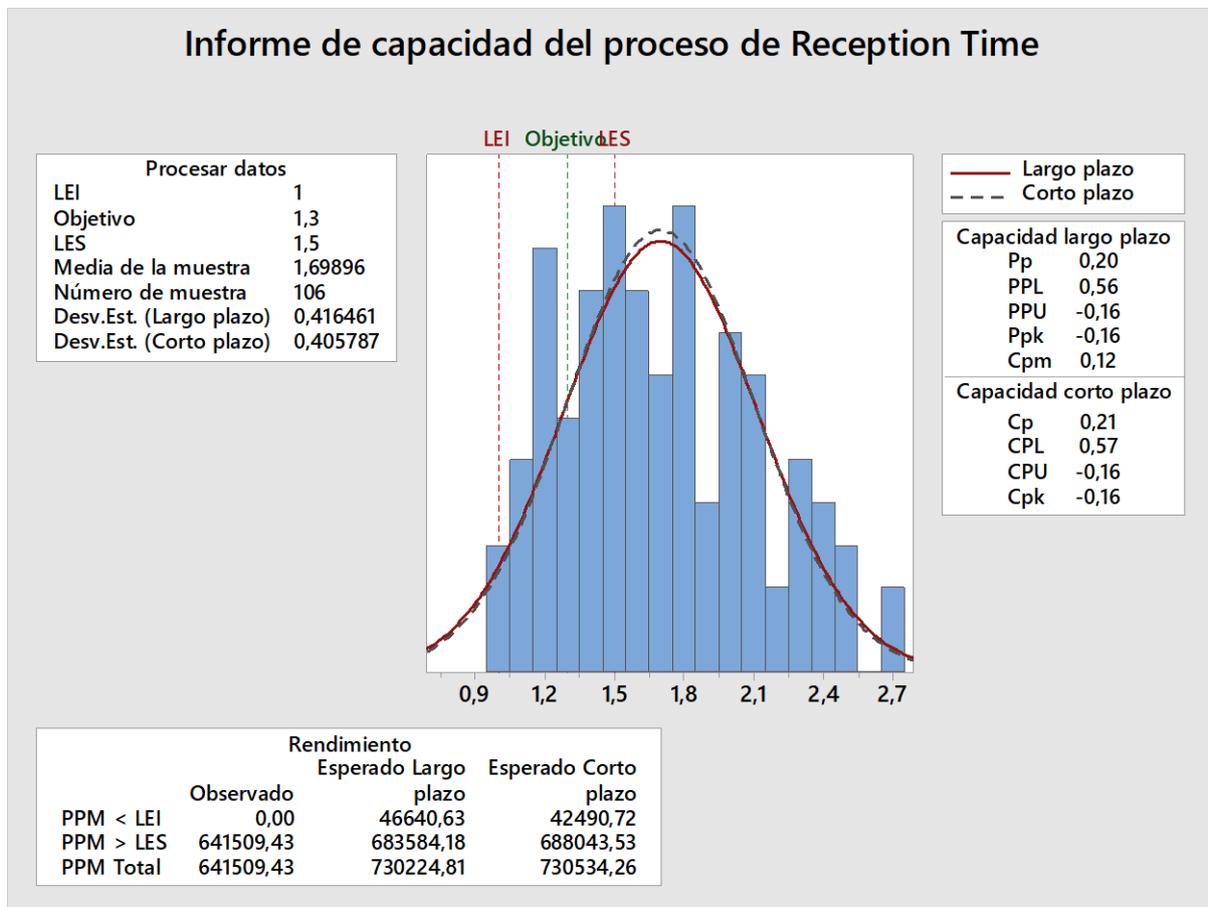


Como se puede observar en la Figura 6, los datos obtenidos de los últimos 3 meses siguen una distribución normal. Esto se debe a que el valor p obtenido es de 0.145, siendo este valor mayor al de significancia que es de 0.05, por lo cual la hipótesis nula es aceptada, y concluyendo que los datos siguen una distribución normal.

2.2.3. Análisis de capacidad

Tomando en cuenta que los datos iniciales de la variable de respuesta siguen una distribución normal, se realiza un análisis de capacidad para muestras normales el cual se puede observar en la Figura 7. En donde se estableció un límite de especificación superior de 1.5 horas, y un límite de especificación inferior de 1 hora, además, se colocó el objetivo de 1.33 horas, y de esta manera, se obtiene el valor del Cpk, que en este caso es de -0,17, indicando que el proceso actual no es el adecuado para cumplir el objetivo de 1 hora con 20 minutos en el tiempo de recepción de baterías en el centro de distribución de Quito, lo cual justifica la utilización del proceso DMAIC para reducir el tiempo de este proceso.

Figura 7
Análisis de capacidad para la variable de respuesta



2.2.4. Problema enfocado

Para definir el problema enfocado, utilizamos la herramienta 3W+2H tal y como se puede observar en la Figura 8, obteniendo que **El centro de distribución de Quito de una empresa de baterías tiene tiempos de recepción de baterías elevados, desde enero de 2024 hasta la actualidad, debido a que el centro de distribución tiene un tiempo promedio de recepción de baterías de 1.69 horas, cuando el Cliente espera que sea de 1.33 horas.**

Figura 8

Definición del problema enfocado utilizando la herramienta 3W+2H

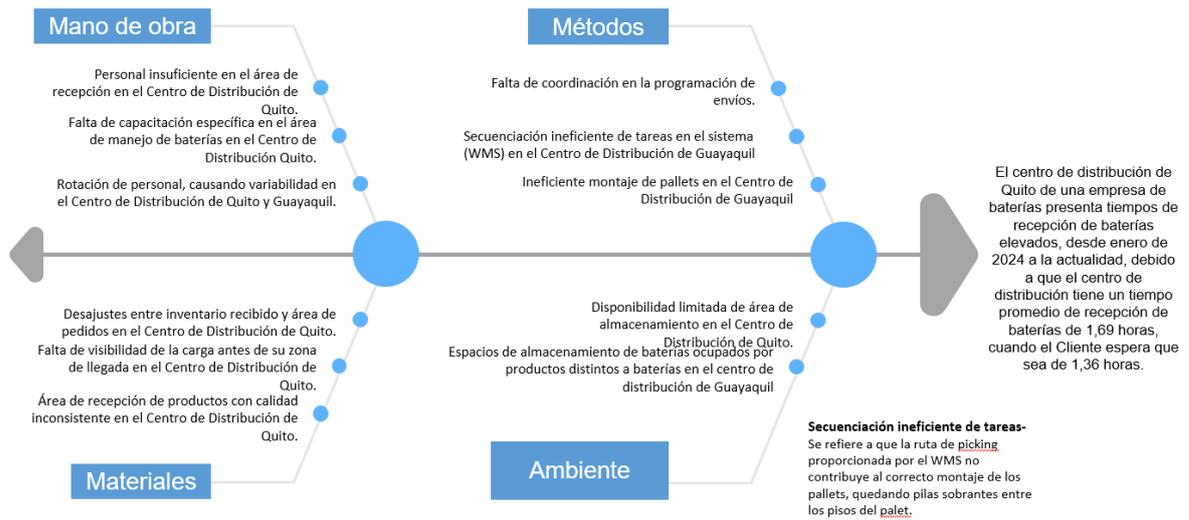
What? (¿Qué?)	Existe una demora en el proceso de reabastecimiento de baterías.
Where? (¿Por Qué?)	En el Centro de Distribución de Quito.
When? (¿Quién?)	En los últimos seis meses.
How much? (¿Cómo?)	El tiempo promedio de recepción de baterías en el CD-Quito es de 1.36 horas.
How do I know? (¿Cuánto?)	Actualmente el tiempo promedio de recepción de baterías es de 1.69 horas, y el objetivo es reducir el gap al 50%, así que tiempo será de 1.33 horas.

2.3. Análisis

2.3.1. Diagrama Ishikawa

Se efectuó una reunión con los actores principales de la empresa, los cuales son el jefe de los centros de distribución, el coordinador del centro de distribución de Guayaquil y el coordinador del centro de distribución de Quito, para contemplar causas potenciales acerca de los tiempos elevados en el proceso de recepción de baterías en el centro de distribución de Quito, las cuales se resumen en la Figura 9.

Figura 9
Diagrama Ishikawa



2.3.2. Matriz Causa-Efecto

Una vez clasificadas las causas potenciales, se debe realizar una reunión con los actores principales de la empresa, estando presentes el jefe de los centros de distribución, el coordinador del centro de distribución de Guayaquil y el coordinador del centro de distribución de Quito, a los cuales se les asignó una abreviatura detallada en la Tabla 4. Además, se les indicó que cada uno diera un valor a las posibles causas presentadas, y la significancia que ellos consideran que tenga la causa potencial hacia el problema enfocado siguiendo las puntuaciones de la Tabla 5.

Tabla 4
Tabla del significado de cada valor con respecto a los actores principales de la empresa

VALOR	POSICIÓN
P1	JEFE DEL CENTRO DE DISTRIBUCIÓN
P2	COORDINADOR DEL CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE GUAYAQUIL
P3	COORDINADORA DEL CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE QUITO

Tabla 5

Tabla del significado de cada valor con respecto a la significancia de las causas con respecto al problema enfocado

VALOR	SIGNIFICADO
0	SIN SIGNIFICANCIA
3	POCA SIGNIFICANCIA
6	MEDIA SIGNIFICANCIA
9	ALTA SIGNIFICANCIA

En la Tabla 6, se puede observar la ponderación que le dieron los actores principales a las posibles causas presentadas:

Tabla 6

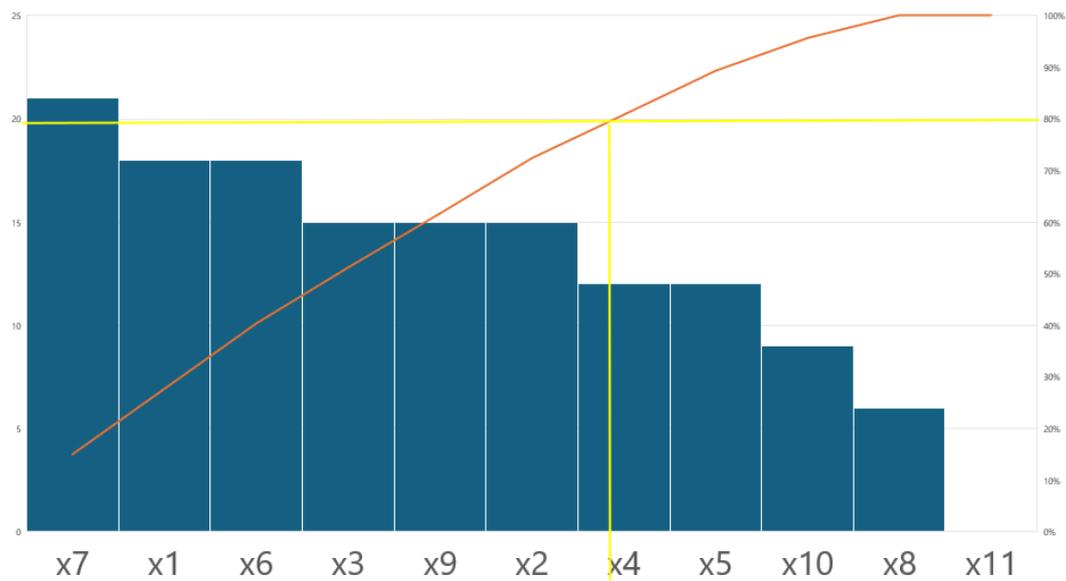
Matriz Causa-Efecto

FACTORES	N#	CAUSAS	P1	P2	P3	TOTAL
MÉTODOS	x1	Falta de coordinación en la programación de envíos.	3	6	9	18
	x2	Secuenciación de tareas ineficiente en el sistema en el Centro de Distribución de Guayaquil.	6	3	6	15
	x3	Montaje ineficiente de pallets en el Centro de Distribución de Guayaquil.	9	6	0	15
MANO DE OBRA	x4	Personal insuficiente en el área de recepción en el Centro de Distribución Quito.	3	0	9	12
	x5	Falta de capacitación específica en el área de manejo de baterías en el Centro de Distribución Quito.	3	0	9	12
	x6	Rotación de personal, generando variabilidad en el Centro de Distribución de Quito y Guayaquil.	3	6	9	18
MATERIALES	x7	Desajustes entre inventario recibido y área de pedidos en el Centro de Distribución de Quito.	3	9	9	21
	x8	Falta de visibilidad de la carga antes de su zona de llegada en el Centro de Distribución de Quito.	0	6	0	6
	x9	Área de calidad inconsistente de productos recibidos en el Centro de Distribución de Quito.	0	6	9	15
AMBIENTE	x10	Disponibilidad limitada de área de espacio de almacenamiento en el Centro de Distribución de Quito.	3	3	6	9
	x11	Espacios de almacenamiento de baterías ocupados por productos distintos a baterías en el centro de distribución de Guayaquil.	0	0	0	0

Podemos observar que existen causas con mayor puntaje que otras, pero sin mayor diferencia entre ellas, incluso habiendo distintas causas con el mismo puntaje, por lo cual, se decidió realizar un diagrama Pareto para poder identificar las posibles causas más importantes.

Figura 10

Diagrama Pareto de las causas potenciales en la matriz causa-efecto



Observando el Pareto en la Figura 10, podemos observar que 7 de las causas potenciales representan el 80% del problema, estas causas las vemos en la Tabla 7.

Tabla 7

Causas potenciales con mayor ponderación

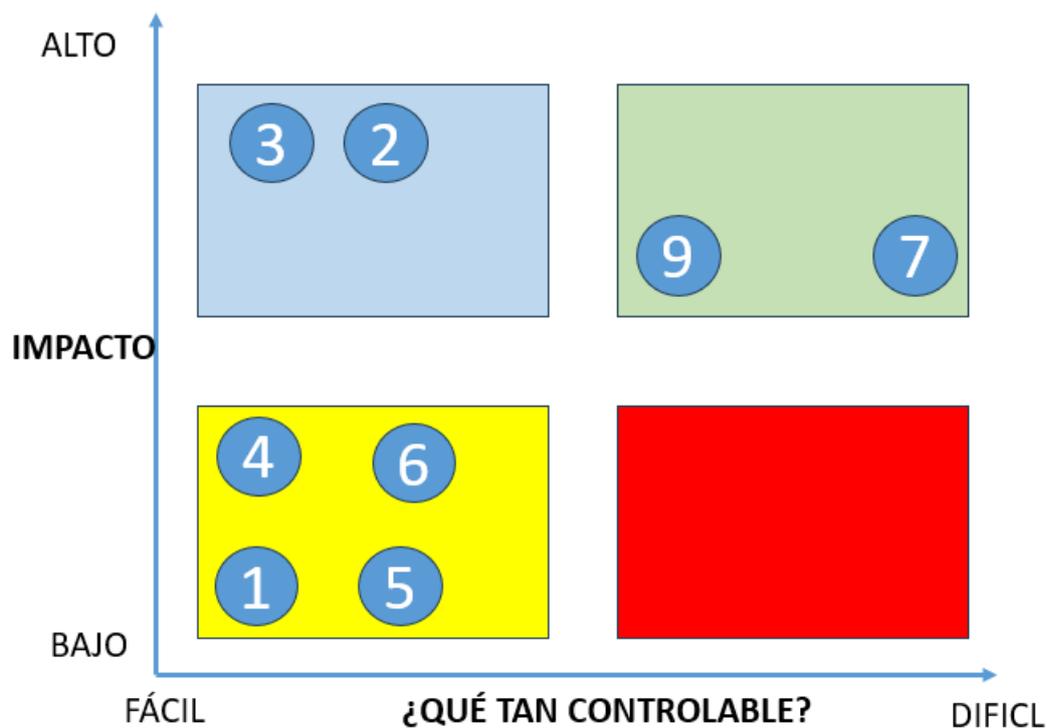
FACTORES	N#	CAUSA	P1	P2	P3	TOTAL
MÉTODOS	x1	Falta de coordinación en la programación de los envíos.	3	6	9	18
	x2	Secuenciación de tareas ineficiente en el área de armado en el Centro de Distribución de Guayaquil.	6	3	6	15
	x3	Ineficiente armado de palets en el Centro de Distribución de Guayaquil.	9	6	0	15
MANO DE OBRA	x4	Personal insuficiente en el área de recepción en el Centro de Distribución de Quito.	3	0	9	12
	x5	Falta de capacitación específica en el área de manejo de baterías en el Centro de Distribución de Quito.	3	0	9	12
	x6	Rotación de personal, provocando variabilidad en el Centro de Distribución de Quito y Guayaquil.	3	6	9	18
MATERIALES	x7	Desajustes entre inventario recibido y área de pedido en el Centro de Distribución de Quito.	3	9	9	21
	x8	Falta de visibilidad de la carga antes de su zona de llegada en el Centro de Distribución de Quito.	0	6	0	6
	x9	Calidad inconsistente del área de productos recibidos en el Centro de Distribución de Quito.	0	6	9	15
AMBIENTE	x10	Disponibilidad limitada de área de espacio de almacenamiento en el Centro de Distribución de Quito.	3	3	6	9
	x11	Espacios de almacenamiento de baterías ocupados por productos distintos a baterías en el centro de distribución de Guayaquil	0	0	0	0

2.3.3. Matriz Impacto-Control

Luego de realizar el diagrama Pareto, se llevaron las causas con mayor puntaje obtenidos de la matriz causa-efecto a la matriz impacto-control, clasificándolos con ayuda de los actores principales, según el impacto que tengan en la variable de respuesta, y la dificultad que tengan estas posibles causas para controlarse, en donde, fueron tomadas en cuenta la solución #2 y #3 de la Tabla 7, debido a su alto impacto en la variable de respuesta y la facilidad para controlar estas posibles causas.

Esto lo podemos observar en la Figura 11, donde las demás soluciones quedan descartadas por no tener un alto impacto en la variable de respuesta, o por ser muy difíciles de poder llevar un control.

Figura 11
Matriz Impacto-Control



2.3.4. Plan de verificación de causas

Para poder verificar el impacto de las dos posibles causas seleccionadas, se realizó un plan de verificación de causas, el cual se puede observar en la Tabla 8, con el objetivo de analizar qué impacto tienen estas posibles causas en la variable “Y” o variable de respuesta escogida.

Tabla 8
Plan de verificación de causas

CAUSAS POTENCIALES	IMPACTO EN LA VARIABLE Y	¿COMO SE VERIFICARÁ?	ESTADO
Ineficiente armado de pallets en el Centro de Distribución de Guayaquil.	El armado ineficiente de pallets con baterías aumenta el tiempo de recepción por la dificultad de manejo y organización, ya que esto genera procesos extra en el centro de distribución de Quito e incluso reprocesos innecesarios.	GEMBA - Se revisará visualmente el montaje de los pallets, teniendo en cuenta que se cumple el número de baterías y la mezcla de una misma batería en diferentes Pallets.	<u>Verificado</u>
Secuenciación de tareas ineficiente en el área de sistemas en el Centro de Distribución de Guayaquil.	Provoca retrasos en la preparación y envío de los pedidos, afectando el tiempo de recepción en Quito. Porque la secuencia de tareas de montaje del palet puede provocar que se mezclen los mismos tipos de baterías en diferentes pallets.	GEMBA - Se revisará visualmente el montaje de los pallets, teniendo en cuenta la secuenciación en el sistema y la mezcla de una misma batería en diferentes Pallets.	<u>Verificado</u>

2.3.5. Verificación de causas

2.3.5.1. Verificación de causa: “Armado de pallets ineficiente”

Esta variable fue verificada a través del Gemba u observación directa en el Centro de Distribución de Guayaquil, donde se pudieron obtener las siguientes ideas claves:

- Durante la observación se evidenciaron inconsistencias en la forma de ensamblar los pallets, lo que resulta en estructuras inestables que podrían colapsar en el transporte.
- Los operadores informaron que los pallets mal armados aumentan los tiempos de procesamiento en Quito, ya que requieren mayor esfuerzo para desempacar y organizar.

- Se identificó que la falta de capacitación y de un procedimiento estandarizado para el armado de pallets contribuye a la variabilidad en el tiempo de montaje y la calidad de los pallets, esto se puede observar en la Figura 12.

Figura 12

Operario realizando el armado de un pallet de baterías mezcladas y con desniveles



2.3.5.2. Verificación de causa: “Sistema de secuencia de tareas ineficiente”

Esta variable fue verificada a través del Gemba u observación directa en el Centro de Distribución de Guayaquil, donde se pudieron obtener las siguientes ideas claves:

- Se observó que las tareas en el sistema (WMS) enviados al operario mediante un dispositivo móvil observable en la Figura 13, no están secuenciadas de manera óptima, lo que provoca retrasos en la preparación y envío de pedidos.

- Los operadores indican que el sistema primero selecciona los niveles 1 y 2, y luego de tomar todas las baterías de estos niveles pasa a los siguientes niveles, lo que provoca que el mismo tipo de batería esté en diferentes pallets, y se puede evidenciar que los niveles 1 y 2 presentan falta de reabastecimiento como se ve en la Figura 14.
- Durante la observación se identificaron varios cuellos de botella en el flujo de trabajo debido a una secuenciación ineficiente de las tareas.
- Se encontró que la implementación de un sistema de secuenciación más eficiente podría reducir significativamente los tiempos de procesamiento y mejorar la puntualidad de los envíos a Quito.

Figura 13

Aparato que indica la ruta a seguir para armar los pallets

**Figura 14**

Racks de baterías con espacios vacíos en el nivel 1 y 2



2.3.6. Análisis de los cinco por qué

Para finalizar la etapa de análisis se tiene que hallar la causa raíz de cada una de las posibles causas escogidas en la matriz impacto-control, para esto, usaremos la herramienta de los 5 por qué (Tabla 9). En este análisis, se logró identificar la causa raíz de cada causa.

Tabla 9

Análisis de los 5 por qué de las causas potenciales escogidas

CAUSA	POR QUÉ 1	POR QUÉ 2	POR QUÉ 3
Armado de pallets ineficiente en el centro de distribución de Guayaquil.	¿Por qué el armado de pallets es ineficiente? Porque las cantidades enviadas en la orden por cada batería no son las óptimas.	¿Por qué las cantidades enviadas en la orden por cada batería no son las óptimas? Porque las cantidades no están alineadas con la capacidad de los pisos de los pallets.	¿Por qué las cantidades no están alineadas con la capacidad de los pisos de los pallets? Porque no se considera la capacidad máxima de cada tipo de batería al armar las órdenes de envío.
Sistema(WMS) de secuencia de tareas ineficiente en el centro de distribución de Guayaquil	¿Por qué la secuenciación de tareas es ineficiente? Porque el WMS indica a los operadores que recojan las baterías solo de los niveles de rack 1 y 2 antes de pasar a los siguientes niveles.	¿Por qué el WMS no da instrucciones para seleccionar niveles superiores a 1 y 2? Porque para llegar a estos niveles el operador necesita la ayuda de una carretilla elevadora para bajar los pallets desde los niveles superiores.	¿Por qué el montacargas no lo realiza antes de iniciar el proceso de picking? Porque no existe un proceso estandarizado que indique la reposición antes de iniciar el proceso de picking.

A continuación, se presentan las potenciales Causa Raíz identificadas a través de la herramienta de los “5 Por qué”.

2.3.7. Potenciales Causas Raíz.

Después de realizar el análisis de los “5 Por qué”, se identificaron las siguientes causas raíz. Estas causas servirán como base para el desarrollo y la implementación de futuras soluciones en el proyecto.

No se considera las dimensiones de las baterías ni la capacidad máxima de los pisos de los palets, al momento de realizar la orden del picking.

No se cuenta con un proceso estandarizado para reponer los niveles 1 y 2 de los racks, antes de iniciar el proceso de picking.

Capítulo 3

3. Resultados y análisis

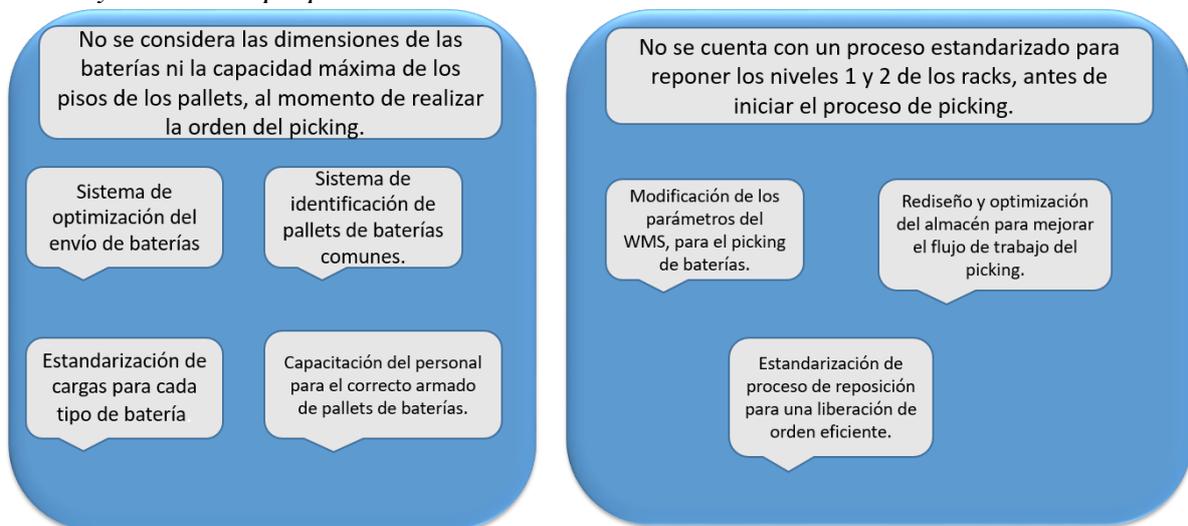
3.1. Mejora

3.1.1. Soluciones propuestas

Tras identificar las principales causas raíz del problema relacionado con el elevado tiempo de recepción de baterías en el centro de distribución de Quito, se generaron posibles soluciones utilizando la técnica de lluvia de ideas, las cuales las podemos observar en la Figura 15.

Figura 15

Causas y soluciones propuestas



Las soluciones propuestas se analizan en función de las necesidades del cliente clave y se revisan con el equipo de trabajo. Este proceso tiene como objetivo garantizar la alineación con los objetivos del proyecto, asegurar la calidad y reducir los costos de recursos.

3.1.2. Matriz Impacto-Esfuerzo

Después de presentar las propuestas de soluciones al equipo de trabajo, se categoriza cada una según su influencia en la variable de respuesta, el tiempo de recepción de baterías, utilizando la matriz de Esfuerzo-Impacto (Figura 16). Esta matriz evalúa dos ejes

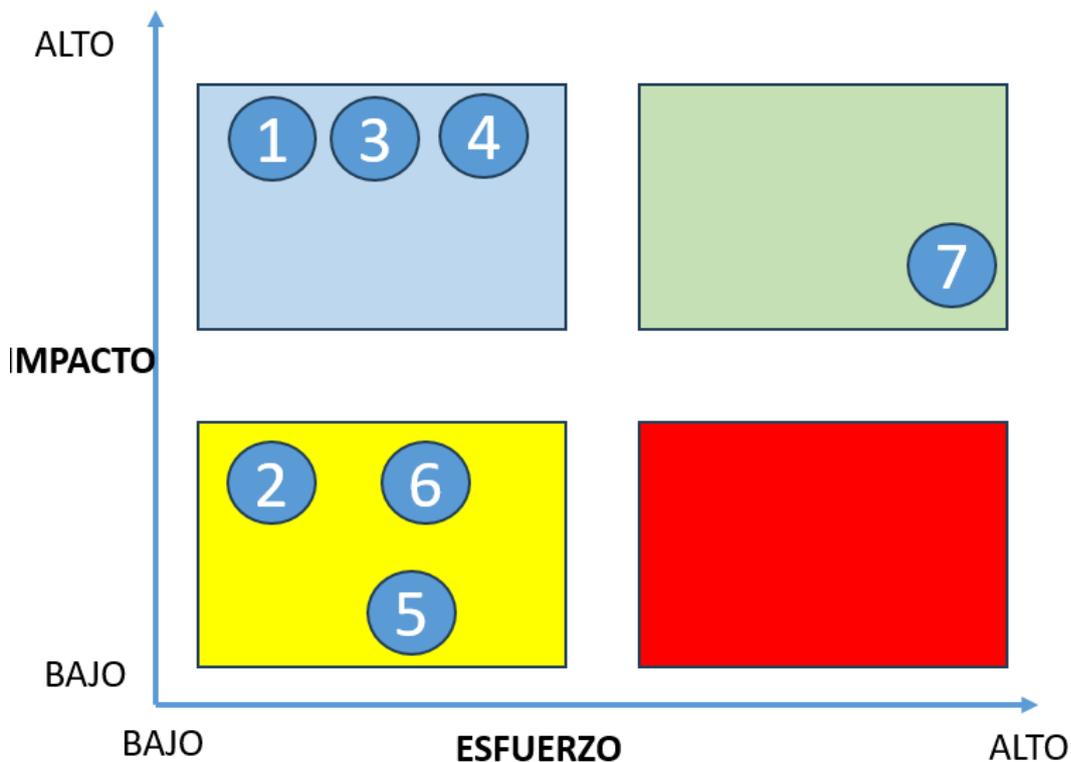
fundamentales: el eje Y muestra el impacto de las propuestas en el problema, mientras que el eje X mide el esfuerzo necesario para implementar las soluciones en el contexto actual.

A continuación, se detallan las soluciones propuestas a evaluar:

1. Sistema de optimización de envíos de baterías.
2. Modificación de los parámetros del WMS, para el picking de baterías.
3. Estandarización de proceso de reposición para una liberación de orden eficiente.
4. Sistema de identificación de pallets de baterías comunes.
5. Estandarización de cargas para cada tipo de batería.
6. Capacitación del personal para el correcto armado de pallets de baterías.
7. Rediseño y optimización del almacén para mejorar el flujo de trabajo del picking.

Figura 16

Matriz de Impacto Esfuerzo mostrando las soluciones escogidas



El análisis realizado mediante la matriz Impacto-Esfuerzo indica que la solución propuesta 7, implica que el rediseño del almacén para mejorar el flujo de trabajo requerirá de

un alto nivel de esfuerzo e inversión en relación con el impacto generado, por lo que fue descartada para su desarrollo. Del mismo modo, las soluciones propuestas 2, 5 y 6 requieren bajos recursos, pero su impacto en la reducción del tiempo de recepción de baterías es limitado, por lo que fue descartada.

En contraste, las soluciones propuestas 1,3 y 4 que incluyen la optimización del sistema de envíos de baterías, la estandarización del proceso de reposición para una liberación de orden eficiente, y el sistema de identificación de pallets con baterías comunes, requieren pocos esfuerzos y tiene un alto impacto en la reducción del tiempo de recepción de baterías. Por tanto, estas soluciones se seleccionaron para formar parte del plan de implementación.

Para cada solución seleccionada, se define el método de implementación en el presente proyecto, los cuales un resumen a continuación.

Tabla 10
Soluciones escogidas con su método de implementación

Nº	Soluciones	Método de implementación
A	Sistema de optimización para envíos de baterías	Prototipo Digital
B	Estandarización de proceso de reposición para una liberación de orden eficiente	Simulación Digital software flexsim
C	Sistema de identificación de pallets para baterías comunes	Implementación en piso

3.1.3. Análisis financiero por solución

Después de seleccionar las soluciones a implementar, se realizó un análisis financiero para cada solución, obteniendo que el costo total de implementar las 3 soluciones es de \$69.18 dólares, podemos observar el detalle en la Tabla 11.

Tabla 11
Costos detalladas de cada solución

N°	SOLUCIONES	RECURSOS HUMANOS	TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN	COSTO DEL EQUIPO (\$)	TIEMPO DE ENTRENAMIENTO	COSTO DEL EQUIPO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
1	Creación de un sistema de optimización de envío de baterías	2	Término corto	\$7.5	2 Horas	\$2.88	\$13.26
2	Estandarización de proceso de reposición para una liberación de orden eficiente	2	Término medio	\$0	8 Horas	\$2.88	\$23.04
3	Sistema de identificación de pallets para baterías en común	2	Término corto	\$30	2 Horas	\$2.88	\$32.88

3.1.4. Plan de implementación

Una vez que se seleccionaron las soluciones, se hizo el respectivo análisis de los costos asociados con la implementación de cada solución, se elaboró un plan de implementación para cada una de las soluciones. En la Tabla 12, podemos observar la solución, el por qué, el cómo, el dónde, el cuándo, el quién y el costo de cada solución.

Tabla 12
Plan de implementación de las 3 soluciones escogidas

N°	Solución	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Quién?	Costo
1	Creación de un Sistema de optimización de envío de baterías	Porque nos permitiría encontrar el número óptimo de baterías a enviar sin afectar el montaje de los pallets.	Utilizando un prototipo del sistema	En la computadora del coordinador del centro de distribución de Guayaquil	Corto plazo	Nicolas Alarcon/ Eduardo Barona	\$ 5.76
2	Estandarización de proceso de reposición para una liberación de orden eficiente	Porque permite al operador aprovechar mejor la ruta de picking y le evita tener que regresar a un punto que ya ha visitado.	Reasignar responsabilidades a cada operador de montacargas en el turno Definir cronogramas de reposición, antes de lanzar el pedido	En el centro de distribución de Guayaquil En el área de picking	Mediano plazo	CD-GYE Coordinador- Nicolas Alarcon/ Eduardo Barona	\$ 23.04
3	Marcado de tarjetas para pallets con baterías comunes.	Porque permite al operador identificar en qué pallets hay baterías compartidas, facilitando su búsqueda.	Cuando se ensambla el mismo tipo de batería en diferentes pallets, se colocará una tarjeta de color en ambos pallets para indicar que tienen SKU en común..	En el centro de distribución de Guayaquil En el área de despacho	Corto plazo	CD Auxiliar- Nicolas Alarcon/ Eduardo Barona	\$32.88

3.2. Implementación de soluciones

Una vez que se seleccionaron las mejores soluciones para el problema, analizadas desde un punto de vista técnico y de igual manera de un punto de vista financiero, el siguiente paso es realizar la implementación de manera correcta para que tengan el efecto deseado por el cual fueron escogidas. A continuación, podremos observar cómo se implementó cada solución:

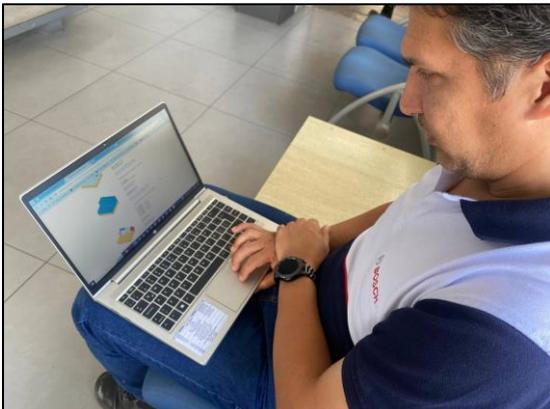
3.2.1. Sistema de optimización de envío de baterías

Para comenzar con esta solución, primero se tomó en cuenta lo que realmente se necesita durante el armado de pallet, que sería poder previsualizar lo que se tendrá con la orden de baterías enviada. Entonces, se pudo encontrar un software llamado Load Calculator, creado por la empresa SeaRates, que utiliza el modelo matemático del problema de empaquetamiento con un costo de \$90 dólares anuales que permite observar cuantos pallets saldrán, como se deben armar e incluso como se deben ingresar al camión.

Este sistema de optimización se debe utilizar después de que el coordinador del centro de distribución de Guayaquil haya realizado la orden de baterías que va a enviar al centro de distribución de Quito. Una vez con la orden el coordinador del centro de distribución de Guayaquil, o un ayudante, debe hacer uso del sistema de optimización de envío de baterías.

Figura 17

El coordinador del centro de distribución de Guayaquil utilizando el software



El primer paso del software es colocar los tipos de baterías que se van a enviar, en este caso, aparecen como si fueran cajas, y se debe colocar el nombre, la longitud, el ancho y la altura en milímetros, el peso en kilogramos, la cantidad a enviar y un color para diferenciarlo.

Figura 18

Sección de ingreso de tipos de cargas

Parámetros de la carga

Introduzca los datos de la carga para llenarlo.

Se pueden introducir hasta 30 tipos de carga.



Cajas

Las dimensiones de la carga deben introducirse en milímetros (mm) y el peso de la carga en kilogramos (Kg) (kg)!

	Nombre	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Peso (kg)	Cantidad	Color
✘	Carga1	300	200	220	20	12	Aquamarine <input type="button" value="v"/>
✘	Carga2	300	200	220	20	48	Orange <input type="button" value="v"/>

El segundo paso es colocar las dimensiones del pallet a utilizar, en este caso, serían las dimensiones de un pallet americano, que sería una longitud de 1000 mm, ancho de 1200mm, y altura de 150mm, además, de colocar una altura máxima de 700 mm para que respete el máximo de 3 niveles por pallet.

Figura 19

Ingreso de los parámetros del pallet

Parámetros del paleta

Introduzca los parámetros del pallet, carga máxima y límites de los límites altura



Longitud:	<input type="text" value="1000"/>	mm
Ancho:	<input type="text" value="1200"/>	mm
Altura:	<input type="text" value="150"/>	mm
Carga máxima:	<input type="text" value="750000"/>	kg
Máxima altura de carga:	<input type="text" value="700"/>	mm
Grosor de las placas de separación:	<input type="text" value="5"/>	mm

El tercer paso es colocar las dimensiones del camión a utilizar, en este caso, serían las dimensiones de un camión de 40 toneladas, que sería una longitud de 12190 mm, ancho de 2440 mm, y altura de 2590 mm, además, de colocar un peso de 28200 kg.

Figura 20

Ingreso de los parámetros del camión

Lista de contenedores

Verificando este tipo se pueden introducir dimensiones del transporte (cuerpo del camión, vagón de tren, etc.)



Seleccione el botón "Añadir transporte" y añada nuevo tipo de vehículo. Se pueden cambiar los datos como nuevos datos en la lista de contenedores. El total de contenedores no puede exceder las 20 unidades.

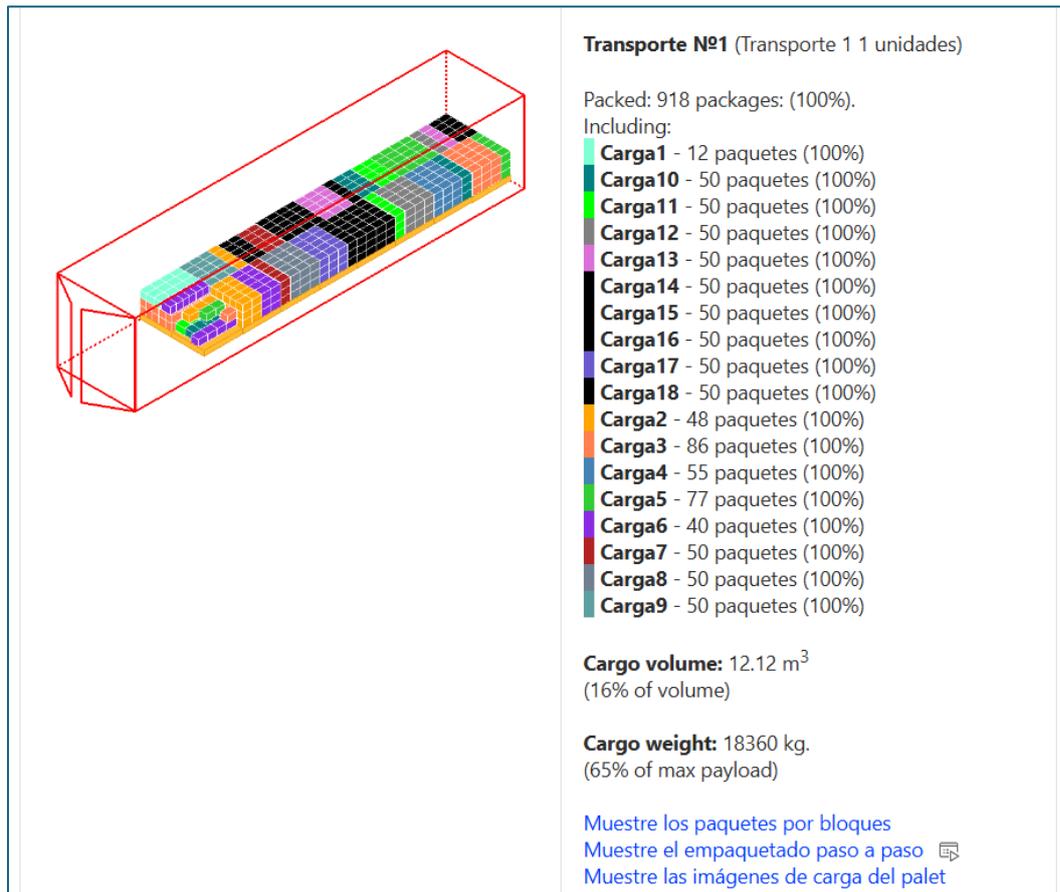
[Añadir transporte](#)

	Tipo de contenedor	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Toneladas (kg)
✘	Transporte 1	12190	2440	2590	28200

[Volver](#) [Siguiete](#)

Una vez ingresado todos los parámetros necesarios requeridos por el sistema, se procede a obtener la solución. Cabe recalcar, que para que el software de una solución efectiva y que se puede aplicar, se debe asegurar que las medidas de las baterías, pallets, y camiones sea lo más exacto posible, evitando errores que impidan la implementación de la solución.

Podemos ver en la figura 21, como nos muestra la distribución de los pallets dentro del camión, la cantidad de baterías por tipo, y el volumen y el peso ocupado.

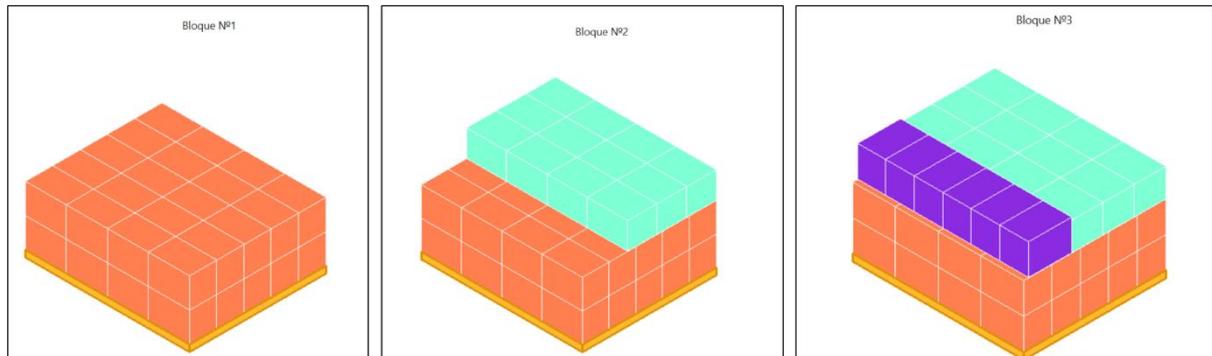
Figura 21*Imagen del camión cargado con los pallets*

Además, lo importante de la utilización de este software, es que también permite observar los pallets de manera individual con la cantidad de cada tipo de batería y el volumen ocupado, como podemos observar en la figura 22.

Figura 22*Descripción de un pallet*

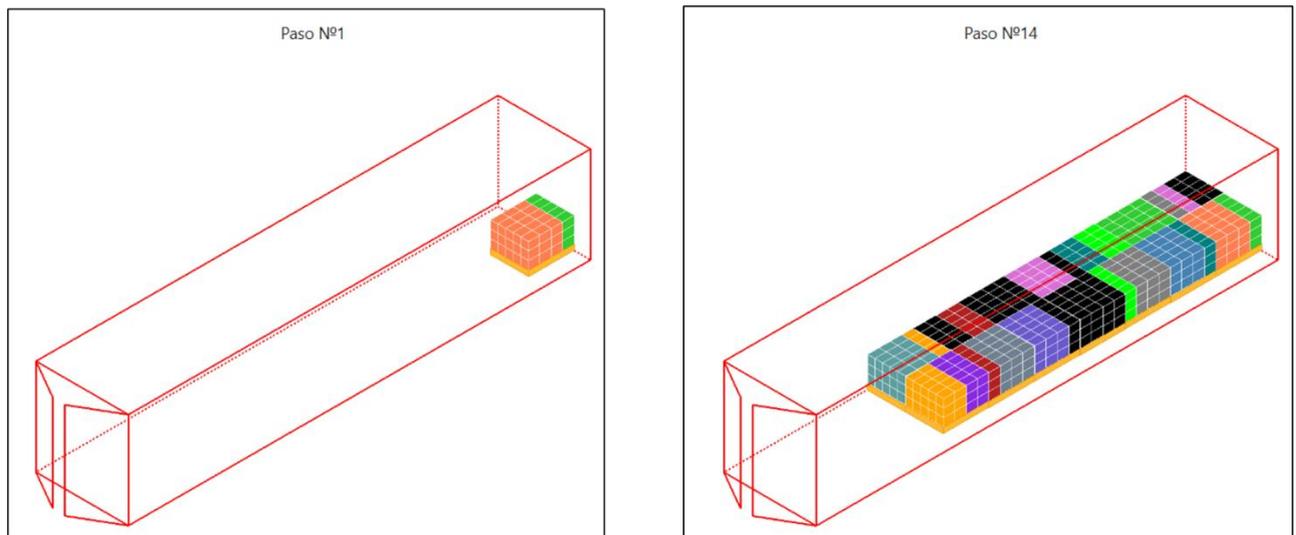
En adición, podemos observar cómo armar cada pallet, paso a paso según el tipo de batería, lo cual es de ayuda para los operarios, esto está representado en la figura 23.

Figura 23
Paso a paso del armado de un pallet



Y para finalizar, el software incluso indica como deben ir colocados los pallets dentro del camión, y ofrece un paso a paso de como ingresarlos para mejorar la eficiencia al momento de la descargar.

Figura 24
Paso a paso de la subida de los pallets al camión

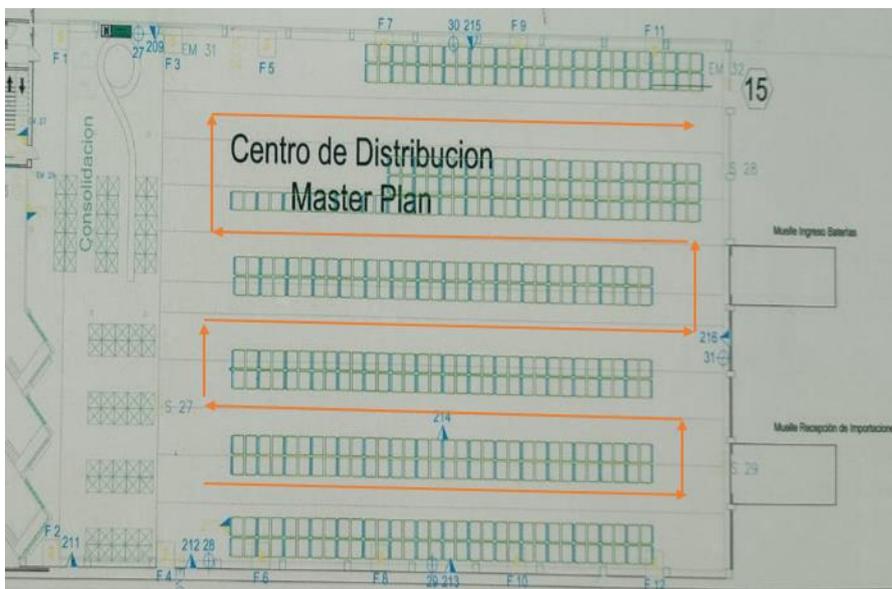


3.2.2. Estandarización del proceso de reposición para una liberación de orden eficiente

La Solución 2 seleccionada implica estandarizar el proceso de reposición de los niveles 1 y 2 antes de liberar la orden para la ruta GYE-UIO. El objetivo es que el operador encargado del picking pueda recoger la orden en una sola vuelta, evitando la necesidad de regresar a puntos ya visitados. Actualmente, al generar una orden, no se verifica si los niveles 1 y 2 están correctamente abastecidos con baterías. El WMS (sistema de gestión de almacenes) establece la ruta del operador priorizando primero los niveles 1 y 2 de los racks, podemos ver la ruta en la Figura 25. Después de completar este recorrido, el sistema hace que el operador regrese en sentido inverso para priorizar los niveles 3 y 4. Dado que el centro de distribución cuenta con 11 racks y 6 niveles por rack, este proceso se repite hasta completar la orden. Este procedimiento puede llevar a que tipos similares de baterías se agrupen en diferentes pallets, complicando así la recepción de baterías para los operadores en el centro de distribución de Quito.

Figura 25

Ruta del operador durante el Picking



La propuesta de solución contempla estandarizar el proceso de reposición de los niveles 1 y 2 antes de liberar la orden. Esto permitirá que la ruta establecida por el WMS no

obligue al operador a regresar a los mismos puntos para recoger un tipo de batería que se encuentra en niveles superiores al 2. De esta manera, se evitará colocar el mismo tipo de batería en diferentes pallets.

La aplicación de esta solución trae consigo beneficios tales como:

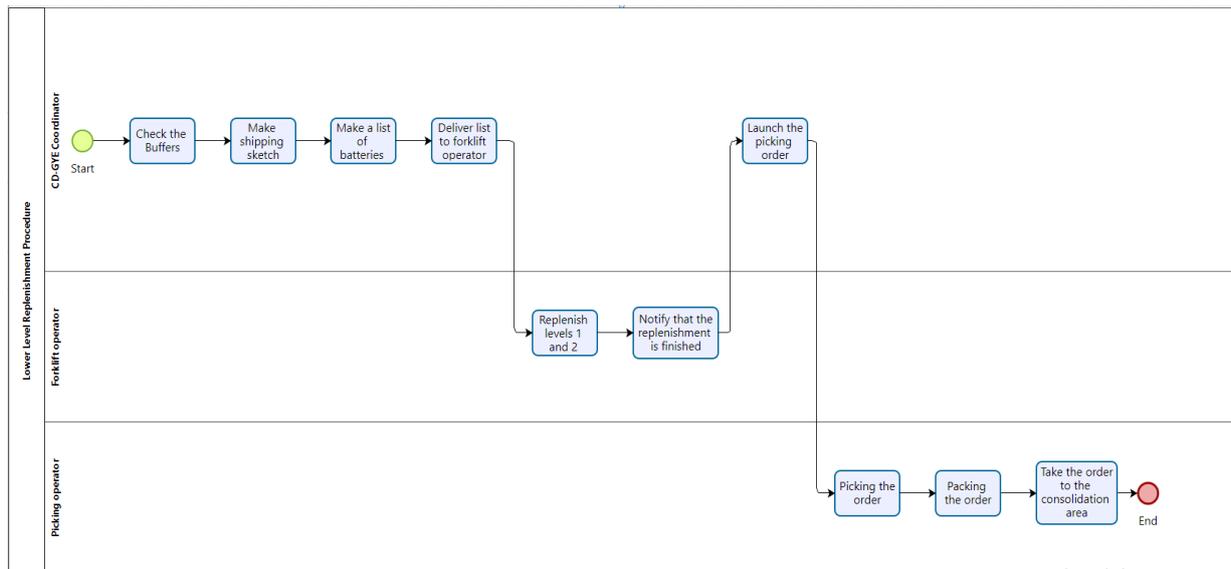
- Reducción de desplazamiento innecesarios, evitando que el operador regresar a los mismos puntos.
- Mejor utilización de los niveles, este procedimiento asegura que los niveles 1 y 2 este correctamente abastecidos, lo que facilita el armado de los pallets.
- Mejora la recepción de baterías en el centro de distribución de Quito al evitar que el mismo tipo de batería se coloque en diferentes pallets. Esto reduce el tiempo de recepción, ya que, al no estar mezcladas, se elimina la necesidad de buscar entre pallets, agilizando el proceso.

La siguiente ficha del proceso (Figura 26) detalla la solución propuesta para mejorar la eficiencia en el centro de distribución de Quito mediante la estandarización de la reposición de baterías en los niveles 1 y 2. Esta iniciativa busca optimizar el proceso de Picking al garantizar que los niveles 1 y 2 estén completamente abastecidos antes de liberar la orden, evitando que el mismo tipo de batería se coloque en diferentes pallets. A través de esta estandarización, se pretende reducir el tiempo de recepción de baterías y mejorar la precisión en la preparación de pedidos, contribuyendo así a una operación más eficiente y fluida.

Figura 26*Ficha del proceso de reabastecimiento*

Ficha del proceso: Reabastecimiento de los niveles 1 y 2	
Objetivo del proceso	
Optimizar la eficiencia del proceso de Picking al estandarizar la reposición de los niveles 1 y 2 antes de la liberación de la orden.	
Alcance	
Límites del proceso	Incluye la reposición de niveles 1 y 2. Excluye otros niveles y procesos de almacenamiento.
Áreas afectadas	Centro de distribución, operadores de Picking.
Entradas	
Recursos Requeridos	Baterías, Sistema WMS, Listado de reposición
Condiciones Previas	Niveles 1 y 2 deben estar listos para la reposición.
Actividades del proceso	
Revisar los amortiguadores de CD-UIO	Reponer los niveles 1 y 2 con baterías de niveles superiores
Realizar un boceto de la orden	Notificar que la reposición ha finalizado
Realizar listado de baterías a reponer	Lanzar la orden de Picking
Entregar al montacarguista	Recolectar la orden
	Empaquetar la orden
	Llevar la orden al área de consolidación
Salidas	
Resultados esperados	Niveles 1 y 2 abastecidos y listos para el Picking
Entregable	Lista de baterías abastecidas
Responsables	
Roles	Responsabilidades
Coordinador de CD-GYE	Monitoreo y lanzamiento de orden de reposición
Operador de montacarga	Reponer los niveles 1 y 2 con batería de niveles superiores

Figura 27
Proceso de reabastecimiento de niveles 1 y 2 del rack



En la figura 27 podemos ver representado el diagrama de flujo propuesto para este proceso, en donde van a intervenir 3 actores: El coordinador de CD-GYE, un operador de montacarga y el operador del Picking, y como sería el flujo de las actividades para este proceso.

Utilizando el layout del centro de distribución de Guayaquil, se ha generado un modelo de simulación con la herramienta Flexsim. A continuación, se realiza la simulación del proceso de reabastecimiento para evaluar y optimizar el flujo de trabajo.

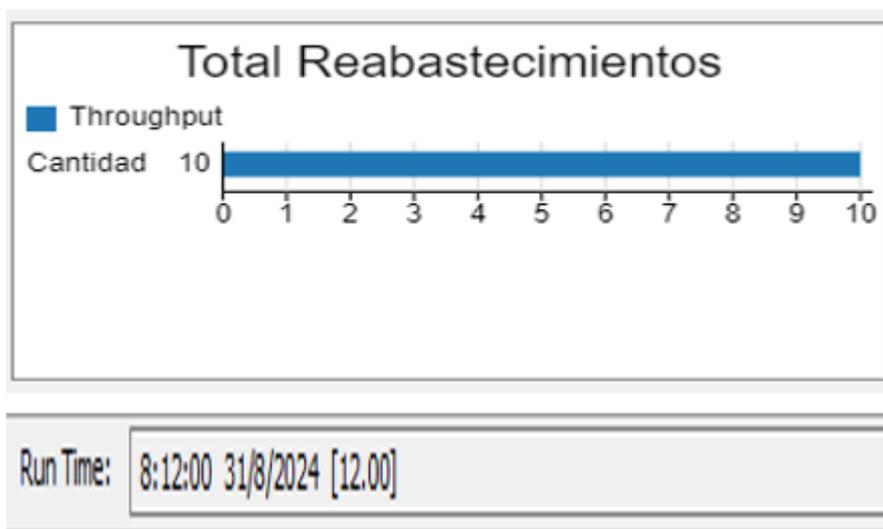
Figura 28
Simulación del proceso de recepción



Como se observa en la figura 28, los niveles 1 y 2 de los racks permanecen constantemente abastecidos, lo que facilita al operador la tarea de armar pallets de manera eficiente y evita la mezcla de baterías. Con este flujo de trabajo, se pueden armar 20 pallets, cada uno con aproximadamente 50 baterías, lo que permite enviar un total de 1000 baterías, la cantidad máxima que cabe en un camión. A continuación, se detallan los resultados de la simulación.

Figura 29

Resultados de la simulación en flexsim



Los resultados de la simulación (Figura 29) muestran que en solo 12 minutos es posible reabastecer 10 bahías en los niveles 1 y 2 de los racks. Cada bahía recibe un pallet de baterías, y cada pallet acomoda 50 baterías. Este proceso no solo optimiza la disposición de los pallets, sino que también facilita una recepción más eficiente y ágil de las baterías en Quito. Al implementar esta estrategia, se garantiza una mayor rapidez en el abastecimiento, lo que permite una operación más fluida y efectiva, satisfaciendo las necesidades del mercado de manera oportuna.

Adoptar esta metodología de reabastecimiento permitirá al centro de distribución Quito mejorar significativamente en los tiempos de recepción. Con una implementación eficaz,

se logrará no solo una mayor eficacia operativa, sino también una ventaja competitiva clave en el mercado.

3.2.3. Sistema de identificación de pallets para baterías comunes

La Solución 3 implica la implementación de un sistema de identificación para pallets que contienen baterías comunes. Actualmente, el centro de distribución de Guayaquil maneja 82 tipos diferentes de baterías, cada una con dimensiones y capacidades específicas. Cada tipo de batería tiene un código SKU único que facilita su identificación y evita confusiones.

Uno de los problemas que contribuye a los retrasos en la recepción en Quito es el armado ineficiente de los pallets. Durante el proceso de Picking, algunas baterías se colocan en diferentes pallets debido a las características de la orden o las limitaciones dimensionales de los pallets.

La solución propuesta consiste en asignar pares de tarjetas de identificación a los pallets que contienen baterías comunes. Esto permitirá al operador en Quito realizar una inspección visual rápida para identificar los pallets que contienen baterías similares. Así se evitarán búsquedas innecesarias, optimizando el proceso de recepción y mejorando la eficiencia general.

La implementación de la solución tiene los siguiente beneficios clave:

- Reducción de tiempos de recepción de baterías, la identificación rápida mediante tarjetas permitirá a los operadores localizar y procesar los pallets más eficientemente.

- Reducción de búsquedas innecesarias, la identificación clara y visual elimina la necesidad de búsqueda entre pallets de una misma orden, ahorrando tiempo y esfuerzo del personal de recepción.

Descripción del sistema

Componentes del sistema.

1. Diseño de la tarjeta

El diseño de la tarjeta es comprensible a simple vista, cada para de tarjeta contendrá información sobre el SKU en común, como, por ejemplo: su código y en qué nivel del pallet está ubicada dicha batería, para facilitar su búsqueda, a continuación, mostramos el formato utilizado para el diseño de las tarjetas en la Figura 30.

Figura 30

Formato de la tarjeta de identificación

N°0001	IDENTIFICATION CARD		
SKU IN COMON			
LEVEL			
MARK WITH AN X	1	2	3
ITEM TYPE			
BATTERY			
ORIGIN		DESTINATION	
CD-GYE		CD-UIO	

2. Ubicación de la tarjeta

La tarjeta será ubicada encima de los pallets una vez haya pasado por el proceso de empaquetado, como se muestra en la Figura 31.

Figura 31

Pallet con la tarjeta de identificación colocada



3. Colorimetría de las tarjetas

La colorimetría elegida para esta solución es una que facilite la visualización de los pallets marcados para su rápida identificación, en la Figura 32 se muestran los colores elegidos para las tarjetas.

Figura 32

Colorimetría de las tarjetas de identificación



A cada par de palets que contengan baterías en común se le asignará un color específico, según la paleta de colores. Esto facilitará y agilizará la identificación de palets que comparten baterías.

Implementación

1. Identificación durante el Picking.

Durante el proceso de Picking, realizamos el acompañamiento al operador para identificar y registrar los casos en los que baterías del mismo tipo se colocan en diferentes pallets.

2. Marcado de Pallets con baterías comunes

Una vez identificado los pallets que contiene baterías comunes, se anotaba en la tarjeta el código del SKU que tenían en común, y se marcaba con una X el nivel en donde el operador acomodaba la batería, se puede ver un ejemplo en la Figura 33.

Figura 33

Tarjetas de identificación marcadas

N° 005		IDENTIFICATION CARD			N° 005		IDENTIFICATION CARD		
SKU IN COMON					SKU IN COMON				
602422					602422				
LEVEL					LEVEL				
MARK WITH AN X	1	2	3		MARK WITH AN X	1	2	3	
			X					X	
ITEM TYPE					ITEM TYPE				
BATTERY					BATTERY				
ORIGIN		DESTINATION			ORIGIN		DESTINATION		
CD-GYE		CD-UIO			CD-GYE		CD-UIO		

3. Colocación de Tarjetas

Después los pallets eran enviados al área de empaquetado, y una vez completado el proceso de empaquetado, se colocan las tarjetas de identificación en los pallets que contiene baterías comunes.

Las tarjetas se colocan en la parte superior del pallet con la finalidad de que la información sea accesible y visible durante el proceso de recepción en el centro de distribución de Quito, esto se puede observar en la Figura 34 y Figura 35.

Figura 34

Pallet embalado con la tarjeta colocada



Figura 35

Pallets con tarjeta de identificación amarilla



La solución propuesta ha permitido una mejor agrupación de baterías comunes, facilitando una recepción más rápida y precisa en el centro de distribución de Quito, ya que la rápida identificación de pallets con baterías comunes permite a los operadores del centro de distribución de Quito agilizar el proceso de recepción.

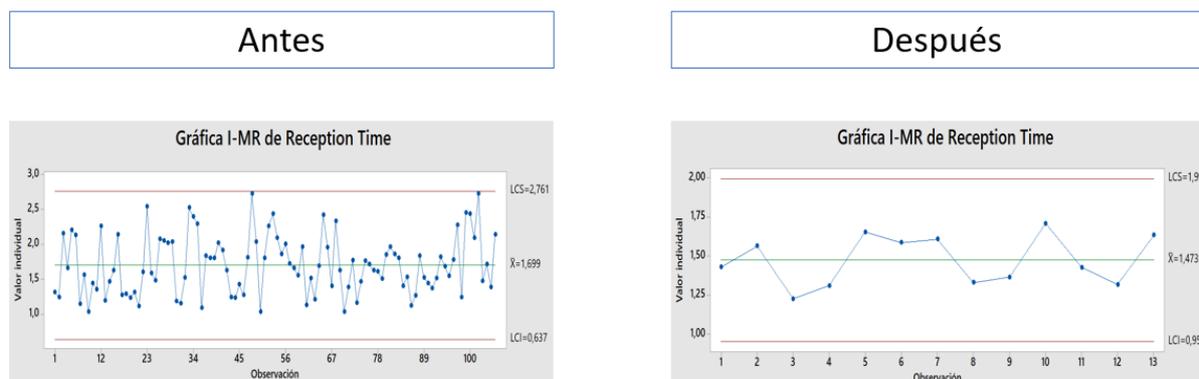
3.3. Resultados y análisis

A raíz de implementar las 3 soluciones propuestas de mejora, se ha logrado reducir el tiempo de recepción de baterías en el centro de distribución de Quito, de 1.69 horas a 1.47 horas (Figura 36). A pesar de que, este valor se encuentra por encima del objetivo, se considera un logro haber reducido el GAP, en un 30%, siendo este valor mayor al escenario pesimista, el cual fue presentado en el análisis de escenario (Sección 2.1.5.).

Debido a la falta de tiempo para la aplicación de las soluciones en un número mayor de veces, se obtuvieron datos del mes de agosto, desde el 01 de agosto del 2024 hasta el 17 de agosto del 2024, siendo un total de 17 observaciones, en donde cómo se puede observar en la siguiente figura, se presenta una tendencia decreciente del tiempo de recepción en el centro de distribución de Quito.

Figura 36

Gráficos de control del tiempo de recepción antes de aplicar las soluciones y después

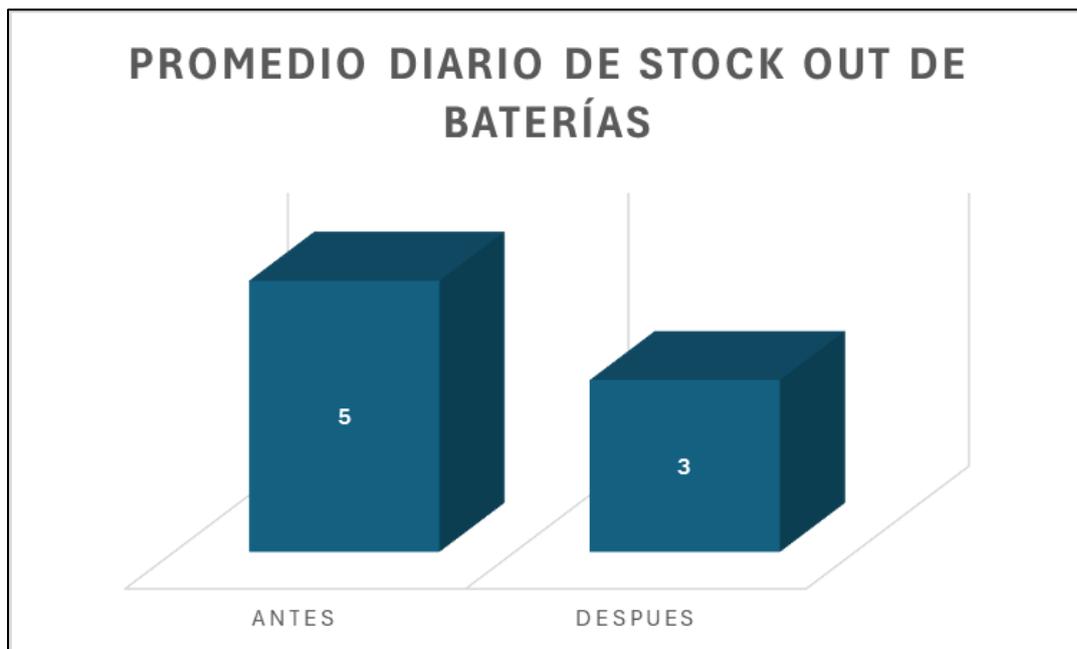


3.3.1. Justificación económica

Al disminuir el tiempo de recepción en el centro de distribución de Quito, permite poder despachar baterías que se habían agotado del stock lo más pronto posible, entonces, como el tiempo de recepción disminuyó, esto permitirá que aquellas baterías que llegaron ese mismo día puedan ser despatchadas pronto, esto lo podemos observar por los indicadores de Stock Out, en la Figura 37 podemos observar la diferencia de stock out luego de reducir el tiempo.

Figura 37

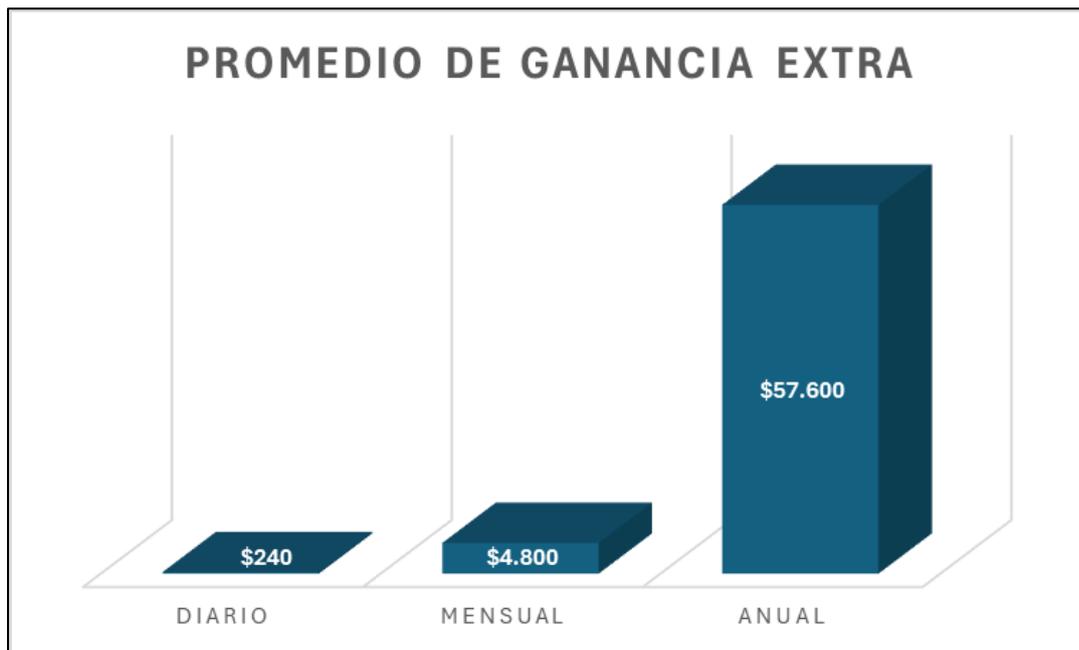
Gráfico de promedio de baterías stock out por día



Además, podemos observar en la Figura 38 como ha aumentado las ganancias desde que el tiempo de recepción disminuyó, esto debido a que en promedio tienen 2 baterías menos de stock out diariamente, lo que se traduce en 2 ventas más diarias, entonces, Con el costo promedio de baterías de \$120 dólares, podemos observar que se obtienen ganancias mensuales significativas.

Figura 38

Gráfico de ganancias promedio por la venta adicional de baterías

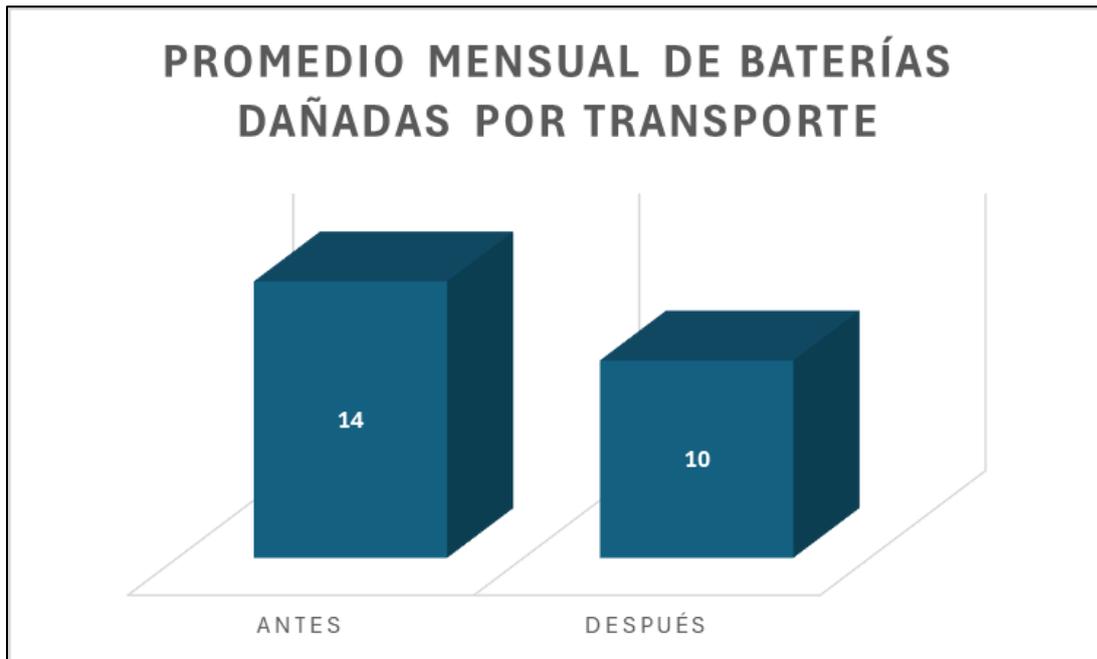


3.3.2. Justificación ambiental

Al mejorar el armado de pallets en el centro de distribución de Guayaquil, además, de ofrecer una ayuda visual a los operarios en el centro de distribución de Quito, permite que la carga vaya más asegurada la carga y así evitar daños en las baterías durante su transporte al centro de distribución de Quito, esto reduce la cantidad de baterías que entran el proceso de reciclaje sin antes haber alcanzado su vida útil, esto lo podemos observar en la Figura 39, la cual muestra el promedio de baterías dañadas por semana antes de aplicar la solución y después de aplicarla.

Figura 39

Gráfico de promedio de baterías dañadas por semana

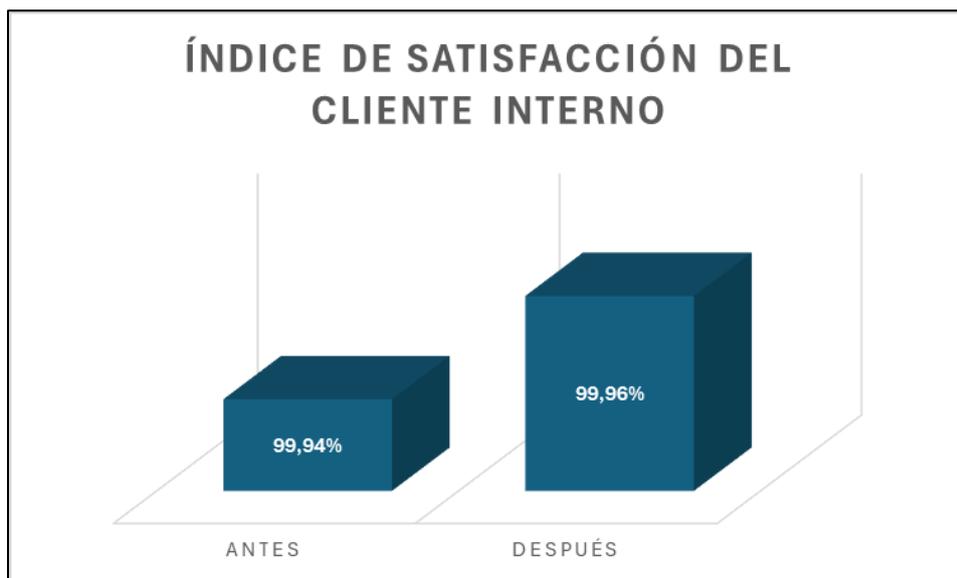


3.3.3. Justificación social

Uno de los problemas que se presentaban antes de optimizar el armado de pallets en el centro de distribución de Guayaquil, era el constante desacuerdo e insatisfacción que presentaban los operarios en el centro de distribución de Quito, esto debido al incorrecto armado de pallets, lo cual desencadenaba en el envío de más o menos baterías del número en el pedido, y también, había insatisfacción al momento de recepción del producto porque las baterías se encontraban dispersas en distintos pallets, lo cual provocaba que los operarios en el centro de distribución de Quito tengan que desarmar y buscar los mismos tipos de batería. Al aplicar las mejoras se observa un aumento en la satisfacción del cliente interno, como podemos ver en la Figura 40, donde existe un aumento en del 0,02% en el índice de satisfacción de cliente interno.

Figura 40

Gráfico de Índice de satisfacción de cliente interno.



3.3.4. Plan de control

Es importante que una vez finalizado el proyecto se mantengan las soluciones propuestas para que la mejora sea duradera, y evitar que todo lo avanzado en el proyecto sea desechado, para esto podemos seguir el plan de control, el cual lo podemos ver en la Tabla 13, que presenta el indicador, el responsable, cuando, cómo y cada cuanto controlar cada solución propuesta.

Tabla 13

Plan de control por cada solución propuesta

PLAN DE CONTROL						
N°	Solución Propuesta	Indicador	Responsable	¿Cuándo controlar?	¿Cómo controlar?	Periodo de control
1	Sistema de optimización de envío de baterías	Número de pallets armados según el sistema	Coordinador del centro de distribución de Guayaquil	Durante el proceso de picking	Mediante un registro	Diario
2	Proceso de reposición para un lanzamiento eficiente	Número de racks en los niveles 1 y 2 stockeados	Coordinador del centro de distribución de Guayaquil	Antes de iniciar el proceso de picking	Mediante el registro de inventario del WMS	Diario/Semanal
3	Sistema de identificación de pallets con items comunes mediante tarjetas	Número de pallets con tarjetas	Coordinador del centro de distribución de Quito	Cuando el proceso de recepción ha iniciado	Mediante un registro	Diario/Semanal

Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones

Mediante la implementación de las soluciones propuestas a corto plazo, se obtuvo las siguientes conclusiones.

4.1. Conclusiones

- La implementación de las mejoras ha logrado reducir el tiempo de recepción de baterías de 1.69 horas a 1.47 horas, mostrando una mejora notable en la eficiencia operativa en el centro de distribución de Quito.
- La disminución del tiempo de recepción de baterías permite poder tener el inventario completo más temprano que antes, lo que desencadena en una reducción de stock out de productos y aumenta las ganancias de la empresa.
- La optimización del armado de pallets en el centro de distribución de Guayaquil permitió que existan menos baterías dañadas y un aumento en la satisfacción del cliente interno, en este caso, los operadores del centro de distribución de Quito, debido a la reducción de su carga laboral.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda seguir el plan de control mostrado en la sección 3.3.4, para poder mantener la reducción en el tiempo de recepción en el centro de distribución de Quito.
- Se recomienda considerar las medidas exactas de las baterías, pallets y camiones para poder obtener soluciones más precisas.
- Se recomienda mantener la utilización del software de Load Calculator, consolidar la política de reabastecimiento y mantener la utilización de tarjetas en caso de tener el mismo SKU en diferentes pallets para mantener la reducción en el tiempo

REFERENCIAS

- Jadhav, G., Jadhav, S., & Bhagat, A. (2015). Six Sigma DMAIC Literature Review. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 6(12), 117-122. Obtenido de: https://www.researchgate.net/profile/Ganesh-Jadhav19/publication/358173724_Ganesh_J-_Six_Sigma_Literature_Review/links/61f3e41b007fb504471ed09b/Ganesh-J-Six-SigmaLiterature-Review.pdf
- Jach, P., Antony, J., Thomson, S. P., Cudney, B., & Furterer, S. (2022). Voice of the customer as a tool for service quality analysis in public transport. *TQM Journal*, 34(3), 448-475. doi:10.1108/TQM-05-2021-0134
- González, H. G., & Prado, C. A. (2021). Aplicación de la herramienta SIPOC a la cadena de suministro interna de una empresa distribuidora de medicamentos. *Lumen Gentium*, 5(2), 119-134. doi:10.52525/lg.v5n2a8
- Burgasí Delgado, D. D., & Cobo Panchi, D. V. (2021). El diagrama Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: Una revisión de los últimos 7 años. Sangolqui: Universidad de las fuerzas armadas.
- Sanders, R. (1987). The pareto principle: Its use and abuse. *Journal of Services Marketing*, 1(2), 37- 40. doi:10.1108/eb024706
- Basu, R. (2008). Tools for definition. En *Implementing Six Sigma and Lean* (pp. 53-63). United Kingdom: Taylor & Francis.
- Coffman Jr, E. G., Garey, M. R., & Johnson, D. S. (1996). Approximation algorithms for bin packing: A survey. In D. Hochbaum (Ed.), *Approximation algorithms for NP-hard problems* (pp. 46-93). PWS Publishing Co.