

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Reducción del tiempo de procesamiento en el área de logística inversa de una
empresa distribuidora farmacéutica

INGE - 2778

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Gilson Omar Reyes Balón

Rigoberto Josué Román Romero

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

Dedicatoria

Quiero dedicar el esfuerzo de este documento y carrera a mi familia que, a pesar de estar alejados de ellos, siempre me han hecho sentir en casa durante estos años. Siempre apreciaré cada detalle, cada mañana que se levantaron temprano para viajar conmigo de provincia a provincia para ir a la universidad, escucharme y dejarme crecer en este ambiente universitario tan distintivo y enriquecedor.

Gilson Omar Reyes Balón

Dedicatoria

Dedico este documento y los años de mi carrera a las personas más cercanas que cada día estuvieron conmigo y me hicieron sentir una estadía universitaria amena y alegre.

A mi familia y amigos, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme que los sueños se construyen con esfuerzo y perseverancia.

A mis profes, quienes con su dedicación, conocimiento y pasión por la enseñanza han sido mi guía en mi camino académico.

A mi abuelita Hilda Romero por cuidarme de una manera extraordinaria, siendo un pilar fundamental en mi vida.

A todos ustedes, que con su presencia y energía me han motivado a seguir adelante.

Rigoberto Josué Román Romero

Agradecimientos

Quiero agradecerles a mis padres por la oportunidad, no solo de estudiar, si no de confiar plenamente en mí, de hacerme sentir orgulloso y saber que no los he decepcionado. Quiero agradecer al IISE por darme momentos que no creo volver a repetir, desde las pequeñas integraciones dentro del club, hasta los viajes increíbles de conocimiento y crecimiento que me dieron, son mi segunda familia y realmente me hicieron sentir la universidad con mi segundo hogar.

Gracias a la empresa y a la Msc. María Belén Segovia por brindarnos la oportunidad de crecer como profesionales, por su apoyo el proyecto comenzó en primer lugar.

Gilson Omar Reyes Balón

Mi más sincero agradecimiento a mi familia, de ellos era el tiempo que me tomó escribir esto.

Ambos

Agradecimientos

Me siento profundamente agradecido con mis abuelitos, padres, hermanas, tías y primos por su comprensión y amor incondicional, son un ejemplo de esfuerzo y dedicación, y por siempre creer en mí. Muchas gracias por sus consejos y apoyo.

A la PhD. Denise Rodríguez, que no solo me ha transmitido su conocimiento, sino también la pasión por lo que hago. Gracias por cada corrección y por dejarme ser su ayudante.

A mis queridos amigos: Gilson, Harry, Madeleine, Yuma, Anthony por compartir su tiempo conmigo y dejar en mí momentos inmemorables.

A Adrián, Xavier, Génesis, Ashley, Stephanie, José, Gustavo, Odalis, Allison, Mauro, Luis, Stefany, al club IISE y a Natasha por brindarme momentos de aprendizaje y diversión.

En fin, a todas las personas que han sido parte de este proceso, mi más sincero agradecimiento.

Rigoberto Josué Román Romero

Declaración Expresa

Nosotros Gilson Omar Reyes Balon y Rigoberto Josué Román Romero 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 nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique 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, 18 de octubre del 2024.



Gilson Omar Reyes

Balon



Rigoberto Josué Román

Romero

Evaluadores

PhD. Sofía Anabel López Iglesias

Profesora de Materia

PhD. María Denise Rodríguez Zurita

Tutora de proyecto

Resumen

La distribución de fármacos y su cadena de logística inversa presentan retos hoy en día por la información masiva que se maneja. El objetivo de esta investigación es reducir los tiempos del área de devoluciones de 20 días dentro de una distribuidora farmacéutica ubicada en Guayaquil. Se utilizó la metodología DMAIC para identificar las causas del problema y validar las mejoras. De la presente investigación se obtuvo que las causas raíz las cuales fueron abordadas con herramientas de planificación y estandarización. En primer lugar, se realizó un formato para los reportes por correo. En segundo lugar, se automatizó la información de los paquetes recibidos y su ubicación en los racks. Por otro lado, la información levantada permitió desarrollar una planificación basada en los paquetes con fecha de caducidad más próxima. Finalmente, se levantaron indicadores partiendo de las herramientas digitales usadas para el seguimiento de los paquetes. Como resultado, se obtuvo una reducción del tiempo de espera de 20 a 15 días, se disminuyó los pallets procesados fuera del plazo y se mejoró la conformidad de los operadores.

Palabras Clave: Logística Inversa, Estandarización, Kanban, Planificación.

Abstract

The distribution of pharmaceuticals and their reverse logistics chain present significant challenges today due to the large volume of information managed. The objective of this research is to reduce the return process times of 20 days in a pharmaceutical distribution center located in Guayaquil. The DMAIC methodology was used to identify the root causes of the problem and validate the proposed improvements. This research identified the root causes, which were addressed through planning and standardization tools. First, a form was created for email reports. Second, the information regarding received packages and their location in racks was automated. Additionally, the gathered data enabled the development of a plan based on packages with the nearest expiration dates. Finally, indicators were established using digital tools to track the packages. As a result, the waiting time was reduced from 20 to 15 days, the number of pallets processed beyond the deadline was minimized, and operator satisfaction improved.

Keywords: Reverse Logistics, Standardization, Kanban, Planning.

Índice general

Resumen	I
<i>Abstract</i>	II
Índice general	III
Abreviaturas	VI
Simbología	VII
Índice de figuras	VIII
Índice de tablas	X
Capítulo 1	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Descripción del problema.....	3
1.3 Justificación del problema.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Marco teórico.....	5
1.5.1 Metodología DMAIC	5
1.5.2 Definición.....	5
1.5.3 VOC	5
1.5.4 CTQ.....	6
1.5.5 SIPOC.....	6
1.5.6 Medición.....	6
1.5.7 Análisis.....	7
1.5.8 Lluvia de ideas	7
1.5.9 Diagrama ISHIKAWA.....	7
1.5.10 Prueba de normalidad.....	7
1.5.11 Pruebas no paramétricas.....	8

1.5.12	Análisis de capacidad	8
1.5.13	Dinámica básica de fábrica	8
1.5.14	Cinco porqués.....	9
1.5.15	Mejora	9
1.5.16	Control.....	9
1.5.17	Kanban	10
Capítulo 2		11
2.	Metodología.	12
2.1	Definición	12
2.1.1	Antecedentes del cliente.....	12
2.1.2	Diagramación del proceso (SIPOC).....	12
2.1.3	Necesidades del cliente	14
2.1.4	Definición de la variable de respuesta.....	16
2.1.5	Definición del problema.....	17
2.2	Medición.....	17
2.2.1	Pruebas de normalidad	18
2.2.2	Análisis de capacidad	20
2.2.3	Problema enfocado	21
2.3	Análisis	22
2.3.1	Lluvia de ideas	22
2.3.2	Diagrama Ishikawa.....	23
2.3.3	Matriz causa-efecto	23
2.3.4	Diagrama de Pareto de causas ponderadas.....	24
2.3.5	Matriz Impacto-Control.....	25
2.3.6	Plan de verificación de causas.....	25
2.3.7	Cinco ¿Por qué?	34
Capítulo 3		35

3.	Resultados y análisis	36
3.1	Mejora.....	36
3.1.1	Posibles soluciones.....	36
3.1.2	Análisis financiero inicial.....	36
3.1.3	Matriz de priorización Impacto-Esfuerzo	37
3.1.4	Análisis financiero final	38
3.1.5	Plan de implementación	38
3.2	Implementación de soluciones.....	39
3.2.1	Estandarizar el reporte de novedades de los retornos	39
3.2.2	Automatizar la información de los paquetes recibidos y procesados.....	39
3.2.3	Rediseñar reglas de priorización según el tipo de devolución	41
3.2.4	Desarrollar un tablero Kanban para tener trazabilidad y medir la productividad real de las devoluciones.....	42
3.3	Resultados de la implementación	43
3.3.1	Impacto económico	45
3.3.2	Impacto ambiental	46
3.3.3	Impacto social	47
3.4	Plan de control	48
Capítulo 4	50
4.1	Conclusiones y recomendaciones.....	51
4.1.1	Conclusiones	51
4.1.2	Recomendaciones.....	51
Referencias	53

Abreviaturas

CDE	Centro de Distribución Especializado
CTQ	Critical to Quality
DMAIC	Define, Measure, Analysis, Improve and Control
PDA	Personal Digital Assistant
POS	Point of Sale
PWC	Practical Worst Case
ROSA	Rapid Office Strain Assessment
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers
VOC	Voice of Customer
WIP	Work in Process

Simbología

h Horas

min Minutos

Índice de figuras

Figura 1: <i>Diagrama de flujo funcional del proceso de devoluciones de la empresa</i>	13
Figura 2: <i>Mapa de actores</i>	14
Figura 3: <i>VOC del supervisor de logística inversa y operadores de clientes (propios y externos)</i>	15
Figura 4: <i>CTQs tree (árbol de críticos de la calidad)</i>	15
Figura 5: <i>Variables que conforman el triple bottom line</i>	16
Figura 6: <i>Gráfico del tiempo promedio de procesamiento de la devolución por día</i>	16
Figura 7: <i>Aplicación de 3W+2H para definición del problema</i>	17
Figura 8: <i>Plan de recolección de datos</i>	17
Figura 9: <i>Gráfica de la prueba de normalidad de tiempos de procesamiento por día desde junio 2024 – julio 2024</i>	18
Figura 10: <i>Gráfica de la prueba de normalidad de tiempos de procesamiento por toma de tiempos octubre 2024 – noviembre 2024</i>	19
Figura 11: <i>Diagrama de Pareto del tiempo total por actividad del proceso de retorno</i>	22
Figura 12: <i>Aplicación de 3W+2H para la declaración del problema enfocado</i>	22
Figura 13: <i>Lluvia de ideas realizada por el equipo</i>	23
Figura 14: <i>Diagrama de Ishiwaka para la clasificación de causas</i>	23
Figura 15: <i>Gráfico del peso de cada causa</i>	24
Figura 16: <i>Gráfico de Pareto del peso de las causas</i>	24
Figura 17: <i>Causas potenciales con mayor peso</i>	25
Figura 18: <i>Matriz impacto-control de causas con mayor peso</i>	25
Figura 19: <i>Diagrama de caja del tiempo de procesamiento de Notas de crédito/Retorno Con y Sin novedades</i>	27
Figura 20: <i>Gráfica de valores observados y esperados para bondad de ajuste Poisson</i>	28
Figura 21: <i>Gráfica de probabilidad exponencial para tiempo de servicio</i>	29
Figura 22: <i>Impacto del procesamiento con novedades en el tiempo de ciclo del mejor, peor y práctico-peor caso</i>	30
Figura 23: <i>Impacto del procesamiento sin novedades en el tiempo de ciclo del mejor, peor y práctico-peor caso</i>	31
Figura 24: <i>Matriz de correlación entre número de fallas en el sistema por paquete y tiempos de retorno/nota de crédito por paquete</i>	32

Figura 25: <i>Diagrama de caja de tiempos de espera con y sin plan de recompensas</i>	33
Figura 26: <i>Aplicación de 5 ¿Por qué?</i>	34
Figura 27: <i>Causa raíz con sus respectivas propuestas de solución</i>	36
Figura 28: <i>Estimación económica de las soluciones propuestas</i>	37
Figura 29: <i>Priorización de las soluciones propuestas con una Matriz Impacto-Control.</i> <i>Priorización de las soluciones propuestas con una Matriz Impacto-Control</i>	37
Figura 30: <i>Estimación económica de las soluciones propuestas y priorizadas</i>	38
Figura 31: <i>Plan de implementación de las soluciones seleccionadas</i>	38
Figura 32: <i>Formato para correo de reporte de novedad en el procesamiento de la devolución</i>	39
Figura 33: <i>Digitalización manual de la información de los paquetes recibidos</i>	40
Figura 34: <i>Digitalización automática de la información de los paquetes recibidos con PDA</i>	40
Figura 35: <i>Codificación de los Racks del área de devoluciones</i>	41
Figura 36: <i>Digitalización automática de la información de la ubicación de los paquetes con PDA</i>	41
Figura 37: <i>Reporte de priorización de devoluciones según la fecha de vencimiento</i>	42
Figura 38: <i>Tablero Kanban de las devoluciones registradas en la recepción, almacenamiento y procesamiento</i>	42
Figura 39: <i>Reporte de indicadores de productividad diaria por operador en el área de procesamiento de devoluciones</i>	43
Figura 40: <i>Diagrama de caja del tiempo de espera Antes y Después de la implementación</i>	44
Figura 41: <i>Costo operativo por pallet Antes y Después de la implementación</i>	46
Figura 42: <i>Pallets incinerados por entrega tardía Antes y Después de la implementación</i>	47
Figura 43: <i>Calificación ROSA Antes y Después de la implementación</i>	48
Figura 44: <i>Diagrama de afinidad</i>	55
Figura 45: <i>Gráfica de transformación de Johnson para tiempos de validación (X1)</i>	56
Figura 46: <i>Gráfica de transformación de Johnson para tiempos de transporte interno (X2)</i>	56
Figura 47: <i>Gráfica de transformación de Johnson para tiempos de espera (X3)</i>	57
Figura 48: <i>Gráfica de transformación de Johnson para tiempos de retorno/nota de crédito (X4)</i>	57
Figura 49: <i>Gráfica de capacidad de Tiempo de validación X1 (segundos)</i>	58
Figura 50: <i>Gráfica de capacidad de Tiempo de transporte interno X2 (segundos)</i>	58
Figura 51: <i>Gráfica de capacidad de tiempo de espera X3 (días)</i>	59
Figura 52: <i>Gráfica de capacidad de los tiempos de retorno/nota de crédito X4 (segundos)</i>	59

Índice de tablas

Tabla 1: <i>SIPOC del proceso de devoluciones de la empresa</i>	12
Tabla 2: <i>Porcentaje de actividades que agregan valor (AV), no agregan valor (NAV) y no agregan valor pero son necesarias (NAVN)</i>	14
Tabla 3: <i>Test de Mann-Whitney entre Y1 y Y2</i>	19
Tabla 4: <i>Pruebas de bondad de ajuste de varias distribuciones para Y2</i>	20
Tabla 5: <i>Capacidad obtenida de las diferentes componentes de Y2</i>	21
Tabla 6: <i>Plan de verificación de causas</i>	26
Tabla 7: <i>Resultados de la prueba de Mann-Whitney</i>	27
Tabla 8: <i>Resultados de la prueba de bondad de ajuste para arribos de distribución Poisson</i>	28
Tabla 9: <i>Resultados de la prueba de bondad de ajuste para tiempos de servicios de distribución Exponencial</i>	29
Tabla 10: <i>Resultados de la correlación de Spearman</i>	32
Tabla 11: <i>Resultados de la prueba Kruskal-Wallis</i>	33
Tabla 12: <i>Estadística descriptiva de la variable de respuesta Y Antes y Después de la implementación</i>	44
Tabla 13: <i>Estimación de la diferencia entre tiempos de espera Antes y Después</i>	45
Tabla 14: <i>Resultados de la prueba de Mann-Whitney entre tiempos de espera Antes y Después</i>	45
Tabla 15: <i>Plan de Control para cada solución presentada</i>	48
Tabla 16: <i>Estadística descriptiva de Y1 y Y2</i>	55
Tabla 17: <i>Estimación de la diferencia entre Y1 y Y2</i>	55
Tabla 18: <i>Estadística descriptiva de los tiempos de Nota de crédito/Retorno con y sin novedades</i>	60
Tabla 19: <i>Estimación de la diferencia de tiempos con y sin novedades</i>	60
Tabla 20: <i>Estadística descriptiva de la implementación y la ausencia de un plan de recompensas</i>	60

Capítulo 1

1.1 Introducción

Actualmente, los centros de distribución farmacéutica enfrentan retos cada vez más complejos en la gestión de la logística inversa, un proceso clave para garantizar la sostenibilidad y competitividad de sus operaciones. La logística inversa abarca actividades como la recepción, gestión, procesamiento y retorno de productos a los proveedores, todas orientadas a optimizar el ciclo de vida de los bienes y reducir el impacto ambiental asociado. En el caso específico de la industria farmacéutica, estas actividades adquieren mayor relevancia debido a la necesidad de cumplir estrictas normativas sanitarias, garantizar la trazabilidad de los productos y mantener altos estándares de calidad. A esto se suma la creciente presión del mercado por minimizar los costos operativos y maximizar la eficiencia en las operaciones logísticas.

El área de devoluciones dentro de la logística inversa presenta un punto crítico para los centros de distribución farmacéutica. Entre los principales desafíos se encuentran los retrasos significativos en el procesamiento de devoluciones, altos costos de almacenamiento temporal, la pérdida de productos debido a vencimientos o deterioro, y la falta de un sistema de trazabilidad eficiente que permitan monitorear las devoluciones desde su origen hasta su disposición final. Estos problemas no solo afectan la eficiencia interna, sino que también impactan negativamente en la satisfacción del cliente.

El actual proyecto se desarrolla en una distribuidora farmacéutica ubicada en Guayaquil, Ecuador, con más de 40 años de experiencia en el sector. Esta compañía se especializa en la distribución, almacenamiento y comercialización de productos farmacéuticos y de consumo masivo, incluyendo medicamentos precursores controlados y estupefacientes, cosméticos, higiene y cuidado personal, entre otros. Con operaciones a nivel nacional, la empresa ha identificado la necesidad de optimizar su sistema de logística inversa, específicamente en el área de devoluciones, para enfrentar los desafíos mencionados y mejorar sus procesos internos.

A través de este proyecto, se busca implementar herramientas y metodologías basadas en la mejora continua, tales como el análisis de causa raíz y la estandarización de procesos. Estas herramientas permitirán identificar los cuellos de botella e ineficiencias en el sistema actual, generando propuestas que contribuyan a reducir el tiempo de procesamiento, mejorar la trazabilidad y minimizar los costos asociados.

1.2 Descripción del problema

El centro de distribución farmacéutica objeto de estudio enfrenta serias dificultades relacionadas con el tiempo de procesamiento de las devoluciones de productos. Desde junio de 2024, se ha evidenciado un incremento significativo en los tiempos promedios de espera, alcanzando un promedio de 18.28 días para que una devolución sea procesada por el auxiliar de logística inversa correspondiente. Este retraso afecta de manera directa la eficiencia operativa del sistema logístico.

El aumento en los tiempos de procesamiento genera una acumulación excesiva de bultos en el área de devoluciones, lo que a su vez incrementa los costos operativos relacionados con el almacenamiento temporal y el manejo de productos. Además, esta situación impacta en la disponibilidad de recursos y espacio dentro de la instalación, comprometiendo el flujo operativo general y reduciendo la capacidad de respuesta ante nuevas devoluciones o pedidos.

En la actualidad, se realizan actividades manuales redundantes o que no agregan valor, lo que contribuye aún más a los retrasos y a la eficiencia general del sistema. Esta problemática no solo tiene repercusiones internas, sino que también afecta la percepción del cliente en cuanto a la calidad del servicio ofrecido.

1.3 Justificación del problema

La ineficiencia en el proceso de logística inversa representa un obstáculo para el desempeño operativo de los centros de distribución farmacéutica. Este problema afecta directamente indicadores críticos de gestión, tales como la eficiencia operativa, los costos

asociados y la capacidad de respuesta de la empresa. En particular, los elevados tiempos de procesamiento de devoluciones limitan la disponibilidad de productos aptos para ser reincorporados al inventario, generando una acumulación de bultos en el área de devoluciones. Esta acumulación, además de reducir el espacio operativo disponible, ocasiona incomodidades para los colaboradores y disminuye la productividad en las operaciones logísticas.

Por otro lado, estos retrasos incrementan los costos operativos relacionados con el almacenamiento temporal y el manejo de productos, comprometiendo la sostenibilidad financiera de la organización. Además, la falta de un sistema optimizado para el manejo de devoluciones repercute negativamente en la satisfacción del cliente, ya que retrasa la disposición final de los productos.

Abordar esta problemática permitirá optimizar los recursos disponibles, mejorar la eficiencia operativa del área, reducir costos y fortalecer la competitividad de la empresa, por lo que resolver este problema es clave para garantizar un flujo más ágil y efectivo, alineado con las necesidades internas del centro de distribución especializado.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Reducir el tiempo de procesamiento de las devoluciones en el área de devoluciones de 20 a 15 (25%) días por pallet de devoluciones, para mejorar la eficiencia operativa del CDE entre octubre de 2024 y enero de 2025.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Identificar las causas raíz que generan tiempos elevados en el procesamiento de las devoluciones, utilizando herramientas de análisis como diagramas de Ishikawa y 5 porqués.
2. Diseñar e implementar soluciones factibles y sostenibles para la reducción de los tiempos de espera en el área de devoluciones.

3. Evaluar el desempeño de las soluciones en los tres pilares de la sostenibilidad.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Metodología DMAIC

Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (DMAIC) es un enfoque estructurado utilizado en Six Sigma para mejorar continuamente los procesos. Su objetivo principal es identificar y reducir las variaciones en los procesos para aumentar la capacidad y la eficiencia operativa (Rath & Agrawal, 2023). La aplicación de esta metodología ha demostrado resultados notables en la optimización de costos, la reducción de defectos y la mejora de la productividad en los sectores de manufactura y servicios.

Entre las ventajas del enfoque DMAIC se encuentran la capacidad de eliminar actividades que no aportan valor, establecer planes de control para regularizar las variaciones y mejorar indicadores clave de rendimiento, como los tiempos de procesamiento y los niveles de inventario (Rath & Agrawal, 2023).

1.5.2 Definición

La primera etapa del ciclo DMAIC consiste en definir el alcance del proyecto, identificar el problema y establecer objetivos claros y específicos. Este paso es fundamental para garantizar que los proyectos seleccionados sean relevantes y verificables. Según Jamilun et al. (2020), una de las actividades incluidas en esta fase es:

- Definir el alcance y los objetivos del proyecto.
- Identificar indicadores clave relacionados con la sostenibilidad del proceso.
- Diseñar métodos para la recolección de datos iniciales.

1.5.3 VOC

Un elemento clave en la mejora de procesos es la metodología VOC (Voz del Cliente), que permite capturar y analizar las expectativas, necesidades y percepciones de los clientes

(Witell, Kabel, Martin, & Elg, 2024). Esta herramienta utiliza encuestas, entrevistas y grupos focales para recopilar datos, que luego pueden convertirse en críticas objetivas.

1.5.4 CTQ

El árbol CTQ, una herramienta de Six Sigma, descompone los requisitos generales del cliente en características específicas y relevantes. Esta descomposición facilita la identificación y priorización de los factores que influyen en la calidad del proceso o producto (Ruiz Mogollón, 2023). Por ejemplo, las demandas de los clientes en un contexto logístico, como la precisión en la entrega y un embalaje adecuado, se traducen en indicadores que pueden ser monitoreados y mejorados para maximizar el desempeño del sistema.

1.5.5 SIPOC

El diagrama SIPOC (Proveedores, Entrada, Proceso, Salida y Cliente) es una herramienta utilizada para mapear procesos de manera general. Sus componentes incluyen:

- Proveedores (Suppliers): Organizaciones que aportan recursos al proceso.
- Entradas (Inputs): Materiales, información y recursos necesarios para llevar a cabo el proceso.
- Proceso (Process): Conjunto de actividades que transforman entradas en salidas.
- Salidas (Outputs): Productos o servicios generados por el proceso.
- Clientes (Customers): Destinatarios internos o externos del resultado del proceso (González González & Escobar Prado, 2021).

Este enfoque proporciona una visión macro del flujo del proceso y permite identificar áreas críticas de mejora.

1.5.6 Medición

La fase de medición tiene como objetivo proporcionar métricas confiables para monitorear el desempeño del proceso. Para identificar fuentes de desperdicio, evaluar el rango de

los parámetros clave y analizar el rendimiento del sistema en relación con los objetivos iniciales, Jamilun et al. (2020) destacan que esta fase implica la recopilación de datos actuales.

1.5.7 Análisis

Durante esta fase, se combinan los datos recopilados con el conocimiento del proceso para identificar y validar las causas raíz de los problemas. Las principales fuentes de defectos, retracciones y desperdicios se identifican utilizando herramientas como diagramas de Ishikawa y pruebas estadísticas (Sajjad, y otros, 2021). Este análisis profundo establece las bases para comprender los factores críticos que influyen en la operación.

1.5.8 Lluvia de ideas

Es una forma de abordar problemas que se puede aplicar tanto de manera individual como colectiva. Consiste en anotar las ideas que surgen de manera natural, sin emitir juicios. Utilizando un marco común de pensamiento, el método de “lluvia de ideas” reúne diferentes puntos de vista dentro de una organización. Este método es una técnica para generar ideas que involucra a todos los miembros del equipo al mismo tiempo (Wahyunto, Giantoro, Teguh Widodo, & Yuniar, 2024).

1.5.9 Diagrama ISHIKAWA

También conocido como diagrama de causa-efecto, esta herramienta permite clasificar y visualizar las posibles causas de un problema. Su estructura, en forma de espina de pescado, facilita explorar diversos niveles de causalidad, y ayuda a los equipos a identificar las causas más relevantes (García Martínez, 2024).

1.5.10 Prueba de normalidad

Una de las herramientas estadísticas más importantes, es la distribución normal estándar, caracterizada por su forma de campana, definida por su desviación estándar y su media. Esta distribución sirve como base para numerosos métodos estadísticos, como la correlación, la regresión, el análisis de pruebas y el análisis de varianza. Las pruebas de normalidad, como

Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnov, son fundamentales para determinar si un conjunto de datos sigue una distribución normal. Mishra et al. (2019) indican que la prueba de Shapiro-Wilk es más adecuada para tamaños de muestra pequeños (menos de 50), mientras que la prueba de Kolmogórov-Smirnov se utiliza para muestras más grandes.

1.5.11 Pruebas no paramétricas

Los métodos estadísticos no paramétricos son técnicas que operan bajo suposiciones generales sobre la distribución de los datos, sin necesidad de que esta sea normal. Wackerly, Mendenhall III y Scheaffer (2010) señalan que, aunque no existe una definición estándar para estos métodos, son útiles en problemas inferenciales donde los datos no cumplen con los supuestos tradicionales de normalidad, ofreciendo alternativas robustas para el análisis estadístico en diversos contextos.

1.5.12 Análisis de capacidad

El análisis de capacidad es esencial para evaluar la variación natural de un proceso en relación con una característica de calidad. Según Gutiérrez Pulido (2010), los índices de capacidad permiten comparar procesos y verificar su cumplimiento con los requisitos establecidos, identificando posibles áreas de mejora. Sin embargo, es fundamental comprender las limitaciones de estos indicadores para evitar interpretaciones erróneas que puedan conducir a decisiones incorrectas.

1.5.13 Dinámica básica de fábrica

En el ámbito de la ingeniería industrial, conceptos como throughput (TH), trabajo en proceso (WIP) y tiempo de ciclo (CT) son fundamentales para analizar la eficiencia y productividad en sistemas de manufactura. Según Hopp y Spearman (2011), el throughput mide la cantidad promedio de productos buenos generados por unidad de tiempo, mientras que el WIP evalúa el inventario en proceso dentro de la línea de producción. El tiempo de ciclo, por su parte, mide el tiempo promedio que un producto permanece en el sistema, desde su inicio hasta su

finalización. Indicadores adicionales, como la tasa del cuello de botella (rb) y el tiempo de proceso bruto ($T0$), son críticos para determinar el nivel óptimo de inventario ($W0$) necesario para maximizar la producción minimizando tiempos.

1.5.14 Cinco porqués

El método de los “5 porqués” es un proceso que comienza identificando un problema específico. Luego, se pregunta por qué ocurre el problema y se escribe la respuesta debajo de donde se anotó el problema. Si la respuesta dada no identifica la causa raíz del problema, los ingenieros continúan preguntando por qué hasta llegar a la causa raíz. Aunque el nombre sugiere hacer la pregunta un total de cinco veces, en algunas ocasiones se requieren menos preguntas y, en otros, más de cinco (Chen, Li, & Shady, 2008).

1.5.15 Mejora

La fase de “Mejorar” en la metodología DMAIC implica la generación, implementación y prueba de soluciones para abordar las causas fundamentales identificadas en la fase de análisis. Según Hashim et al. (2024), esta etapa requiere un enfoque creativo para desarrollar soluciones innovadoras, probadas en entornos controlados antes de su implementación completa. Además, se hace un seguimiento cuidadoso para garantizar la efectividad de las mejoras y prevenir consecuencias no deseadas.

1.5.16 Control

La etapa de control en DMAIC tiene como objetivo garantizar que las mejoras implementadas se mantengan a lo largo del tiempo. Según Mares Castro y Ramírez Pérez (2024), esta fase incluye el monitoreo de indicadores clave de rendimiento (KPI) para asegurar la estabilidad y capacidad del proceso. La estandarización entendida como la implementación de cambios en sistemas y estructuras, es fundamental para la sostenibilidad de las mejoras logradas.

1.5.17 Kanban

Kanban es una metodología Lean diseñada para optimizar el flujo de trabajo mediante la visualización de tareas y la gestión de recursos de manera eficiente. Castillo Núñez (2023) señala que esta herramienta, caracterizada por su bajo costo y facilidad de implementación, es ideal para proyectos pequeños o de duración media. Aunque su enfoque se centra en la gestión ágil, Kanban puede complementarse con otras metodologías Lean, como 5S y Just in Time, para mejorar aún más la productividad y la eficiencia operativa.

Capítulo 2

2. METODOLOGÍA.

Este estudio utilizó la metodología DMAIC, que abarca las fases de Definición del problema, Medición de datos relevantes, Análisis para identificar la causa raíz, Mejora del proceso mediante soluciones evaluadas y Control de estas. A continuación, se detalla su aplicación.

2.1 Definición

Durante esta primera etapa se realizó un estudio de la situación actual de la empresa con el fin de determinar el problema principal, el alcance del proyecto, objetivos a alcanzar y las variables para medir el desempeño del proyecto.

2.1.1 *Antecedentes del cliente*

La empresa estudiada, ubicada en Vía Daule, Guayaquil, se dedica a la distribución de fármacos, productos de cuidado personal e higiene, abasteciendo farmacias propias y externas con productos de laboratorios farmacéuticos.

2.1.2 *Diagramación del proceso (SIPOC)*

Para entender el proceso de devoluciones de la empresa se elaboró un SIPOC. En la Tabla 1 se detallan aspectos importantes de este proceso como lo son los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes.

Tabla 1:

SIPOC del proceso de devoluciones de la empresa

Suppliers	Inputs	Process	Outputs	Customers
Puntos de venta (propios y externos)	Información predigitada	Recepción de paquetes	Producto devuelto	Proveedor de cada producto
		Clasificación de paquetes por motivo	procesado	
	Devoluciones	Almacenamiento de paquetes	Emisión de retorno	Puntos de venta (propios)
		Revisión de paquetes		

Generación de notas de créditos o retorno	Emisión de nota de crédito	Puntos de venta (externos)
---	----------------------------	----------------------------

Para un análisis más preciso, se elaboró un diagrama de flujo funcional (ver figura 1) que reveló que solo el 14,29% de las actividades del proceso agregan valor (Tabla 2). Además, se identificaron fábricas ocultas, como devoluciones sin predigitaciones, la inspección física de productos, y la gestión de faltantes mediante acuerdos con asesores comerciales antes de proceder con la devolución.

Figura 1:

Diagrama de flujo funcional del proceso de devoluciones de la empresa

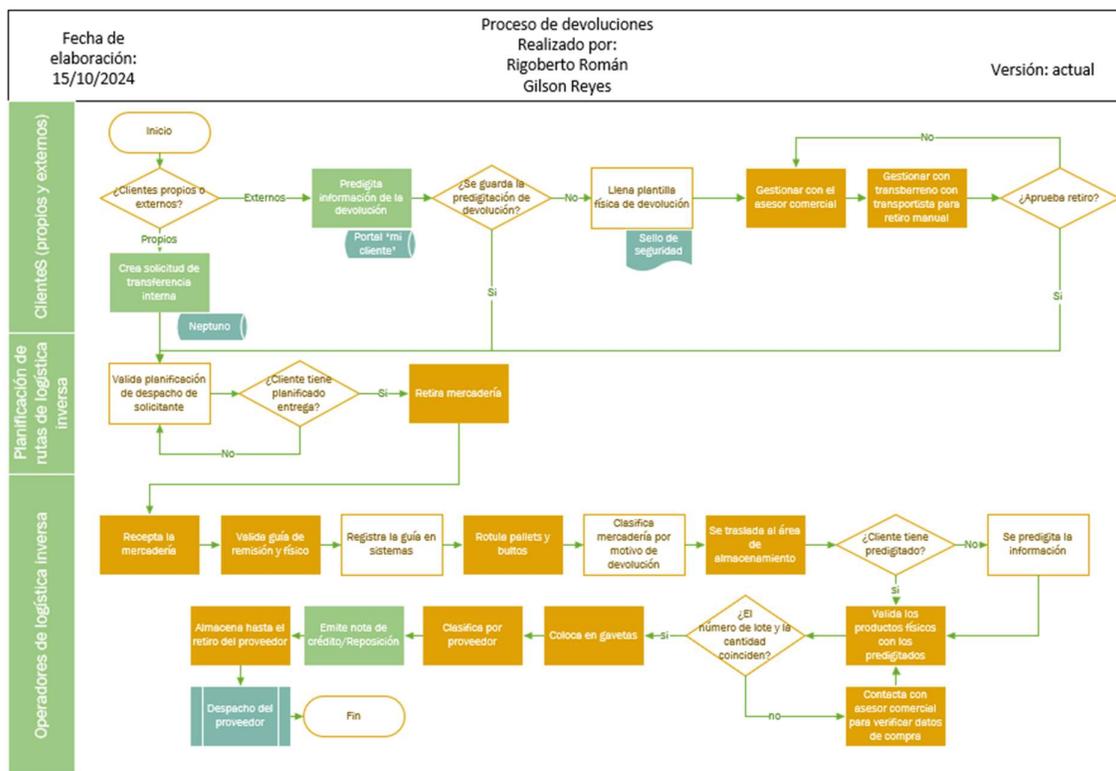


Tabla 2:

Porcentaje de actividades que agregan valor (AV), no agregan valor (NAV) y no agregan valor pero son necesarias (NAVN)

Tipo de actividad	Porcentaje
AV	14,29%
NAV	28,57%
NAVN	57,14%

2.1.3 Necesidades del cliente

Con el análisis previo, se empezó a entrevistar a los diferentes actores participantes del problema, los cuales se detallan en la figura 2.

Figura 2:

Mapa de actores

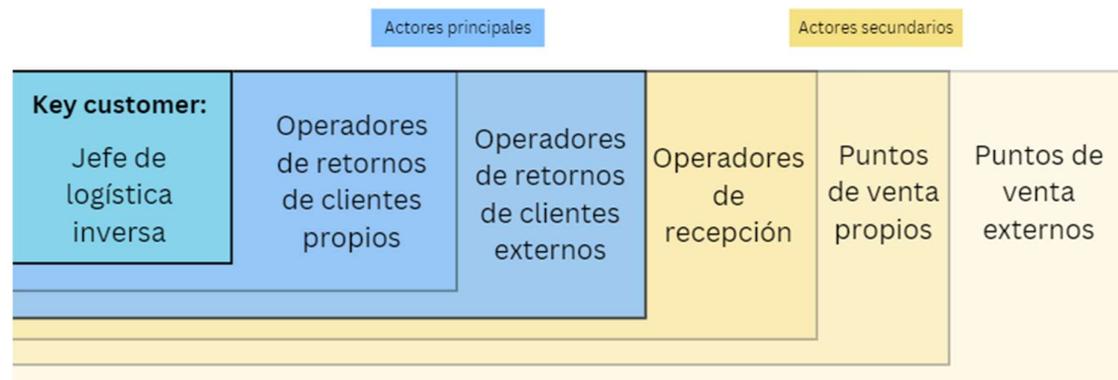


Figura 3:

VOC del supervisor de logística inversa y operadores de clientes (propios y externos)

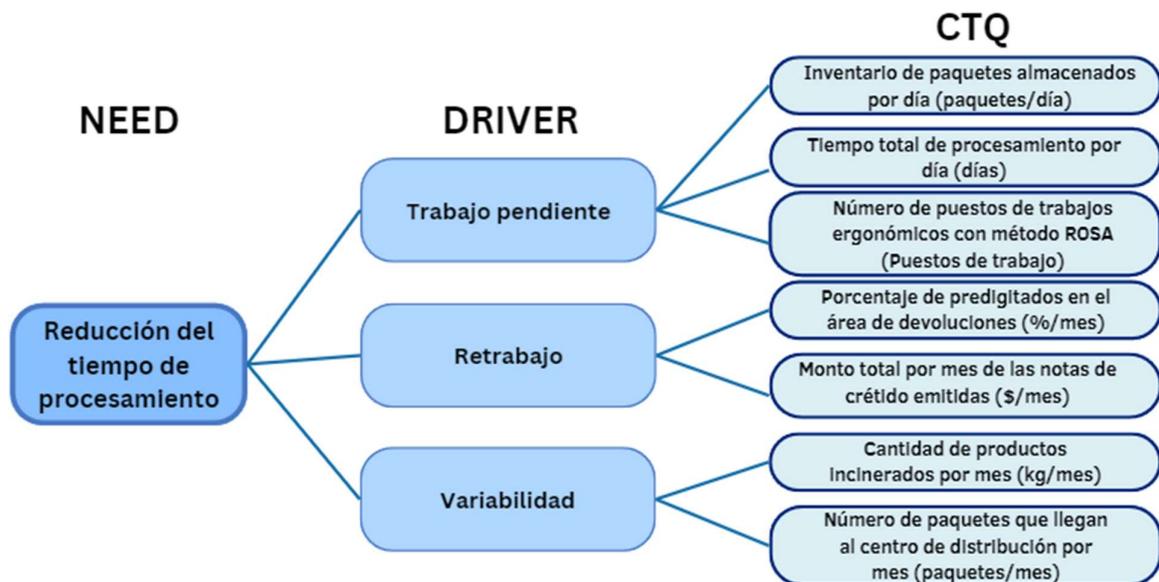


Con un VOC se obtuvieron las necesidades del cliente, del cual se definieron los Drivers a partir de un diagrama de afinidad (Ver apéndice, figura 44).

Partiendo de este diagrama se establecieron los CTQs correspondientes al Trabajo pendiente, Retrabajo y Variabilidad con el fin de cuantificar las necesidades (Figura 4).

Figura 4:

CTQs tree (árbol de críticos de la calidad)



De estos críticos de calidad declaramos tres medidas para establecer una relación con los tres pilares de la sostenibilidad TBL (Triple bottom line) (Figura 5).

Figura 5:

Variables que conforman el triple bottom line



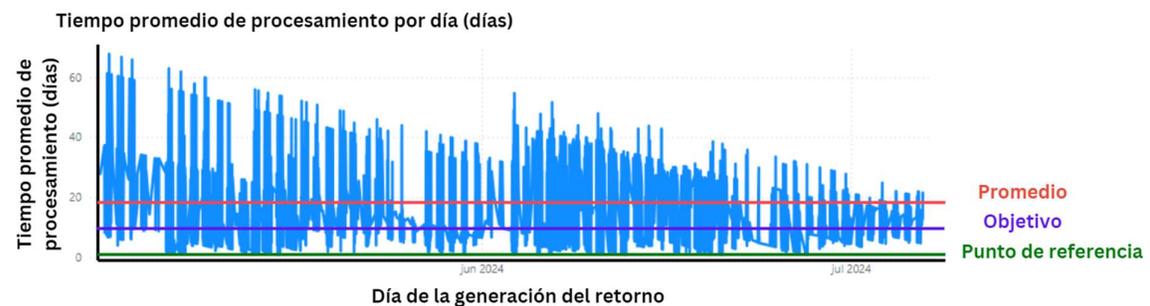
2.1.4 Definición de la variable de respuesta

Del triple bottom line se decidió usar como variable de respuesta Y el pilar económico, es decir el tiempo de procesamiento medido en días.

Esta variable Y incluye el tiempo desde que el producto llega al centro de distribución hasta que el retorno/nota de crédito es emitido hacia el cliente (propio o externo).

Figura 6:

Gráfico del tiempo promedio de procesamiento de la devolución por día



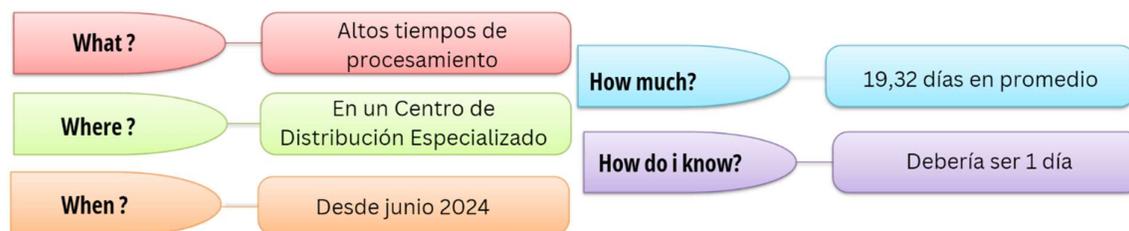
La figura 7 muestra cómo se han comportado los tiempos de retornos durante el mes de junio 2024, donde se evidencia un promedio de 19.32 días, una mejor marca (Benchmark) de 1 día y GAP de 18.32 días.

2.1.5 Definición del problema

De acuerdo con la herramienta del 3W+2H (ver Figura 8) y el promedio de la Y obtenido se declara: “Existen altos tiempos de procesamiento en un Centro de Distribución Especializada de Guayaquil desde junio 2024. Estos tiempos son en promedio de 19.32 días, pero deberían ser de 1 día según las políticas de devolución internas”.

Figura 7:

Aplicación de 3W+2H para definición del problema



2.2 Medición

Para obtener los datos requeridos se realizó un plan para la recolección que fue aplicado durante esta fase. En la Figura 9 se detallan los datos relevantes de la recolección como el tamaño de muestra, dónde se recolectaron, cómo se usarán, entre otros aspectos.

Figura 8:

Plan de recolección de datos

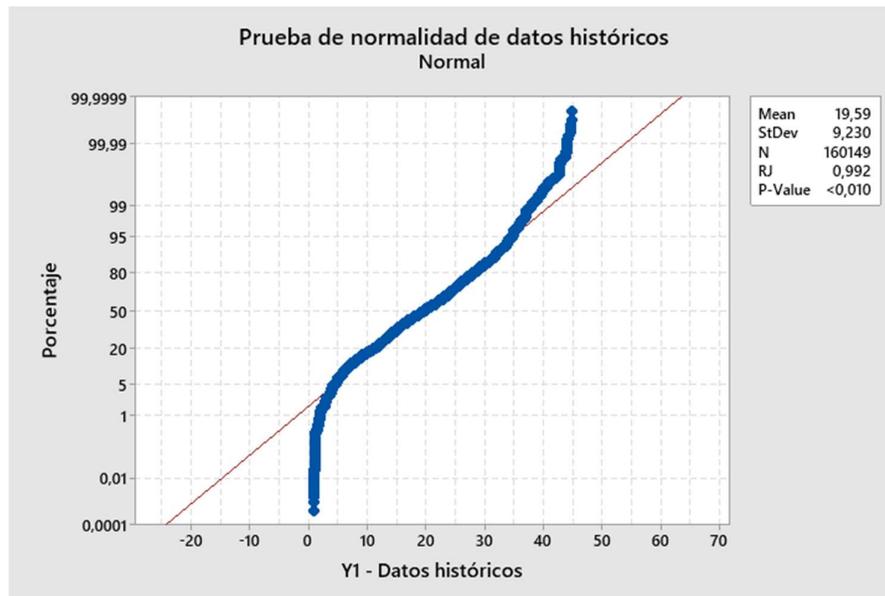
	¿Qué?				¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Por qué?	¿Quién?		
Variable	Medición operativa	Unidad de medida	Tamaño de muestra	Tipo de dato	¿De dónde fue recolectado?	Fecha de recolección	Método de recolección	¿Por qué fue recolectado?	Quien lo recolectará	Estado	Estatificación
Y	Tiempo de procesamiento	Días	Junio 2024 - Julio 2024	Continuo	Historical Data	Oct 2024 - Feb 2025	Resumen de datos del SAP	Para saber el tiempo total de ciclo	Equipo interno	Recolectado	Por clientes
x1	Tiempo de validación en recepción	Minutos	519 paquetes	Continuo	Área de recepción	Oct 2024 - Feb 2025	Estudio de tiempos y movimientos	Para conocer el potencial cuello de botella	Rigoberto y Gilson	En proceso	Por clientes
x2	Tiempo de transporte interno	Minutos	64 pallets	Continuo	Entre área de recepción y área de devoluciones	Oct 2024 - Feb 2025	Estudio de tiempos y movimientos	Para conocer el potencial cuello de botella	Rigoberto y Gilson	En proceso	Por clientes
x3	Tiempo de espera de la devolución	Días	99 pallets	Continuo	Bodega del área de devoluciones	Oct 2024 - Feb 2025	Estudio de tiempos y movimientos	Para conocer el potencial cuello de botella	Rigoberto y Gilson	En proceso	Por clientes
x4	Tiempo de procesamiento de retornos/notas de crédito	Minutos	641 productos	Continuo	Área de devoluciones	Oct 2024 - Feb 2025	Estudio de tiempos y movimientos	Para conocer el potencial cuello de botella	Rigoberto y Gilson	En proceso	Por clientes
x5	Ergonomía en los puestos de trabajo	Número	20 puestos de trabajo	Discreto	Área de devoluciones	Oct 2024 - Feb 2025	Método ROSA	Para medir la comodidad de los operadores	Rigoberto y Gilson	En proceso	Por clientes
x6	Cantidad de productos incinerados	Pallets	Mar 2024- Oct 2024	Continuo	Historical Data	Oct 2024 - Feb 2025	Resumen de datos del departamento de inventario	Para medir el impacto ambiental	Equipo interno	Recolectado	Por mes

2.2.1 Pruebas de normalidad

Con los datos que se recopilaron de la Y se procedió a realizarse una prueba de normalidad para establecer el comportamiento de los datos.

Figura 9:

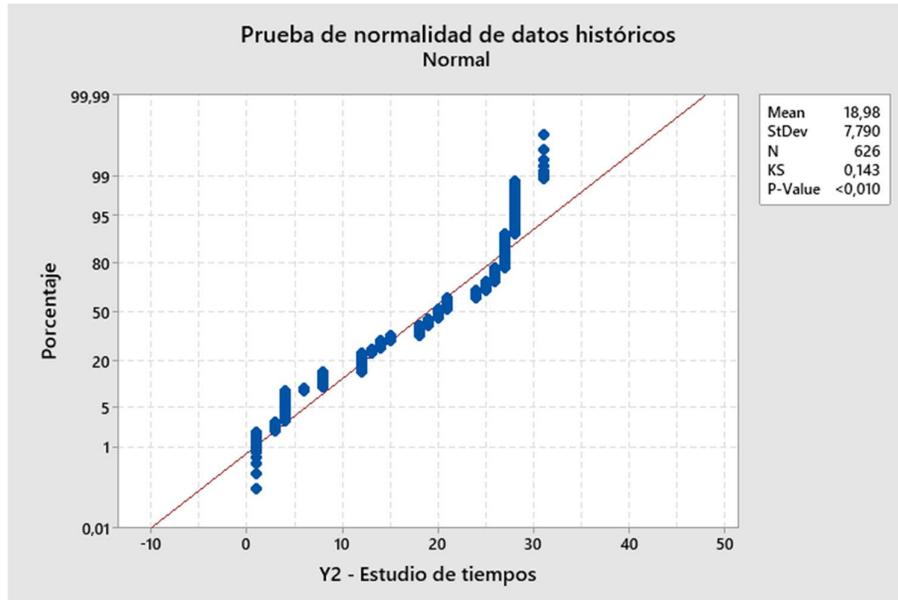
Gráfica de la prueba de normalidad de tiempos de procesamiento por día desde junio 2024 – julio 2024



Dado que el valor p es menor que 0,010 en la figura 9 entonces tenemos evidencia suficiente para rechazar la hipótesis de que los tiempos de procesamiento de Y siguen una distribución normal.

Figura 10:

Gráfica de la prueba de normalidad de tiempos de procesamiento por toma de tiempos octubre 2024 – noviembre 2024



De la misma forma, los resultados mostraron que los tiempos de procesamiento tomados a partir de la recopilación de datos ($Y2 = X1+X2+X3+X4$) tampoco siguen una distribución normal con un p menor a 0.010.

A continuación, se realizará una prueba no paramétrica para comprobar la confiabilidad de los datos a evaluar.

Test de Mann-Whitney

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$

Hipótesis alternativa $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Tabla 3:

Test de Mann-Whitney entre Y1 y Y2

Método	Valor de W	Valor de p
No ajustado por empates	$1,28314 \times 10^{10}$	0,601
Ajustado por empates	$1,28314 \times 10^{10}$	0,601

Dado que el valor p de la prueba (Tabla 3) es mayor que el nivel de significancia (0.05) entonces hay evidencia suficiente para no rechazar la hipótesis nula. Por tanto, no hay diferencia significativa entre Y1 y Y2 demostrando que los datos son confiables.

2.2.2 *Análisis de capacidad*

Para cumplir el supuesto de normalidad del análisis de capacidad se realizó una transformación de Johnson. Sin embargo, como se muestra en la siguiente Tabla 4, no es posible realizar la transformación ni aproximación de alguna distribución con los datos actuales.

Tabla 4:

Pruebas de bondad de ajuste de varias distribuciones para Y2

Distribución	AD	P	LRT P
Normal	17,148	<0,005	
Transformación Box-Cox	14,870	<0,005	
Lognormal	45,282	<0,005	
Lognormal de 3 parámetros	17,168	*	0,000
Exponencial	94,158	<0,003	
Exponencial de 2 parámetros	86,758	<0,010	0,000
Weibull	23,747	<0,010	
Weibull de 3 parámetros	13,346	<0,005	0,000
Valor extremo más pequeño	13,312	<0,010	
Valor extremo más grande	25,804	<0,010	
Gamma	32,707	<0,005	
Gamma de 3 parámetros	18,359	*	0,000
Logística	15,826	<0,005	
Loglogística	31,189	<0,005	
Loglogística de 3 parámetros	15,940	*	0,000

Dado que los datos son confiables, se analizarán los diferentes componentes de la variable de respuesta (X1, X2, X3, X4) para medir su capacidad por transformación de Johnson

(ver apéndices, desde la figura 45 a la 48). En consecuencia, también se realizó una transformación a los límites de especificación de cada parte de la variable analizada.

Dado que se está trabajando con datos transformados es más adecuado interpretar Pp en lugar de Cp (ver apéndices, desde la figura 49 a la 52). Esto se debe a que Pp incluye la variabilidad total del proceso. A continuación, se presenta un resumen de los diferentes resultados de capacidad (Tabla 5):

Tabla 5:

Capacidad obtenida de las diferentes componentes de Y2

	Pp	Interpretación	Ppk	Interpretación
X1	1,13	Parcialmente adecuado	0,95	Parcialmente descentralizado
X2	1,62	Adecuado	0,76	Descentralizado
X3	1,36	Adecuado	0,70	Descentralizado
X4	0,85	No adecuado, requiere análisis	0,58	Descentralizado

Partiendo de esta tabla se puede concluir que con un Pp promedio de 1,24 el proceso en general requiere de un análisis para mejorar el desempeño y lograr el cumplimiento esperado. Sin embargo, el proceso está descentralizado lo que implica una desviación alta del estándar definido.

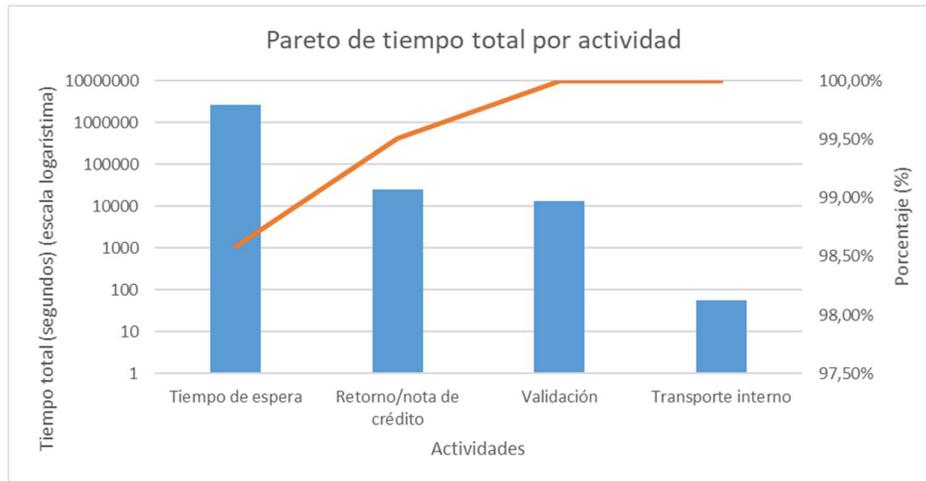
2.2.3 Problema enfocado

Para declarar un problema enfocado se usaron los tiempos totales de cada actividad durante el procesamiento. Según la figura 11 a continuación se muestra que el 98.58% del tiempo se desperdicia en la espera. Aplicando 3W+2H (figura 12), el problema enfocado es:

“Existen altos tiempos de espera en el almacenamiento del área de devoluciones. Desde octubre 2024 en promedio las devoluciones esperan 18,28 días para ser procesadas, sin embargo, según las políticas de devoluciones no debería ser más de 1 día”.

Figura 11:

Diagrama de Pareto del tiempo total por actividad del proceso de retorno

**Figura 12:**

Aplicación de 3W+2H para la declaración del problema enfocado



2.3 Análisis

En esta etapa se identificarán posibles causas a partir de una lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa y se las verificaron dando prioridad a las que tuvieran más peso según los involucrados del área.

2.3.1 Lluvia de ideas

Para la lluvia de ideas se realizó una reunión con el equipo involucrado del área para indagar en causas potenciales (figura 13).

Figura 13:

Lluvia de ideas realizada por el equipo

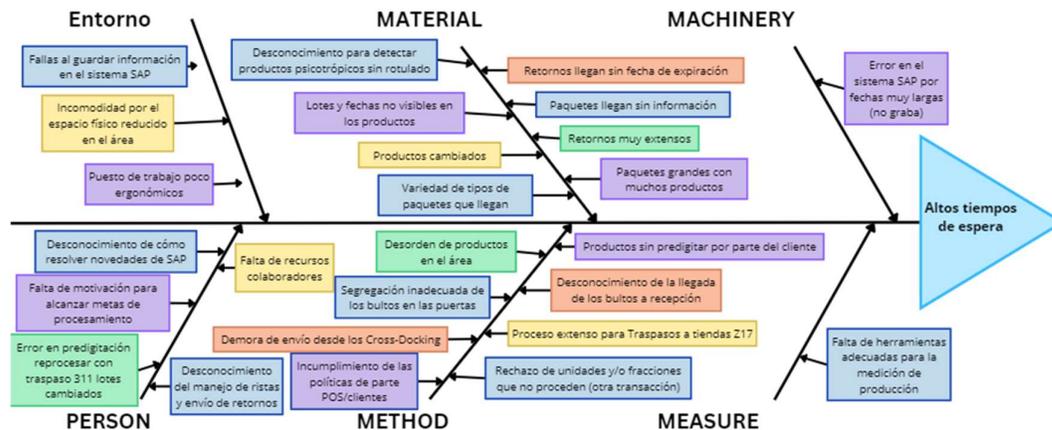


2.3.2 Diagrama Ishikawa

A continuación, se presenta un diagrama de Ishikawa que se realizó con el mismo equipo presente. Este tiene el objetivo de clasificar en 6 áreas las diferentes causas propuestas en la lluvia de ideas como se muestra en la figura 14.

Figura 14:

Diagrama de Ishiwaka para la clasificación de causas



2.3.3 Matriz causa-efecto

Se usaron pesos (0, 1, 3 y 9) para cuantificar el peso de las causas. Estos pesos fueron dados por los operadores, el supervisor de logística y el jefe de esta área (figura 15).

Figura 15:

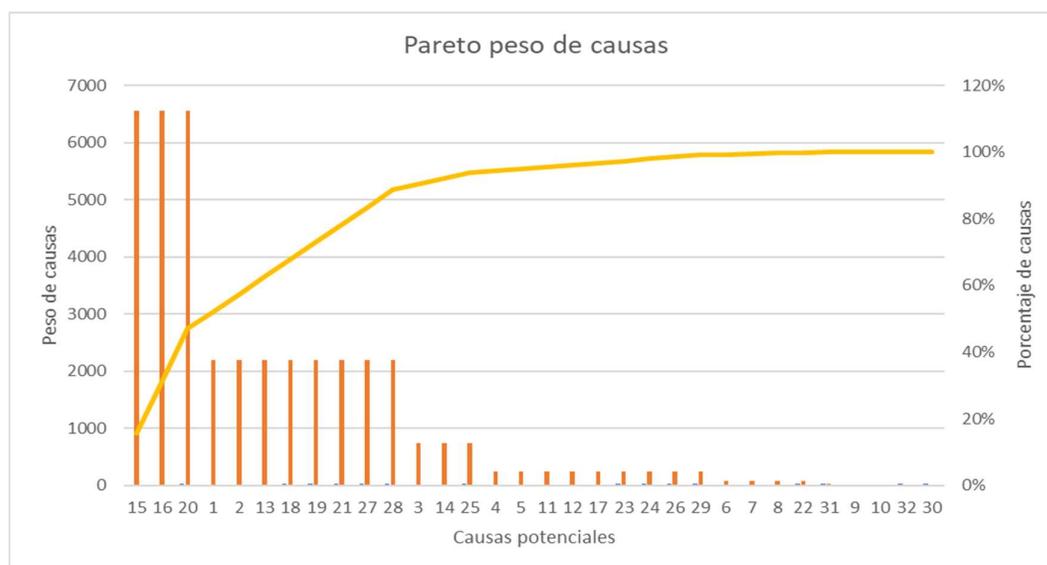
Gráfico del peso de cada causa

N°	Causas	Jefe de logística	Supervisor de logística	Operador POS	Operador cliente	Total
Material						
1	Desconocimiento para detectar productos psicotrópicos sin rotulado	9	9	9	3	2187
2	No se identifica que productos o proveedores tienen políticas	9	9	9	3	2187
3	Ristas cambiadas dentro de cajas primarias	3	3	9	9	729
4	Productos con falta de información	3	3	9	3	243
5	Productos con lotes cambiados	3	3	9	3	243
6	Clientes envían productos que no tienen política	3	3	3	3	81
7	Lotes y fechas no visibles en los productos	3	3	3	3	81
8	Productos cambiados	3	3	3	3	81
9	Variedad de tipos de bultos que llegan en retornos	1	1	3	3	9
10	Falta de insumos en el área de devoluciones	1	1	3	3	9
11	Bultos muy grandes con abundante mercadería	3	3	9	3	243
12	Retornos demasiados extensos	3	3	9	3	243
13	Bulto sin información	9	9	9	3	2187
14	Retornos llegan sin fecha de caducidad	9	9	3	3	729
Method						
15	Proceso extenso para Traspasos a tiendas Z17	9	9	9	9	6561
16	Rechazo de unidades y/o fracciones que no proceden (otra transacción)	9	9	9	9	6561
17	Desconocimiento de la llegada de los bultos a recepción	9	9	3	1	243
18	Segregación inadecuada de los bultos en las puertas	9	9	3	3	2187
19	Productos sin predigitar por parte del cliente	9	9	9	3	2187
20	Demora de envío desde los Cross-Docking	9	9	9	9	6561
21	Incumplimiento de las políticas de parte POS/clientes	9	9	9	3	2187
22	Desorden de productos en retornos	3	3	3	3	81
Person						
23	Error en la predigitación reprocesar con traspaso 311 lotes cambiados	3	3	9	3	243
24	Desconocimiento del manejo de listas y envío de retornos	3	3	9	3	243
25	Falta de motivación para alcanzar metas de procesamiento	3	3	9	9	729
26	Falta de recursos colaboradores	3	3	9	3	243
27	Desconocimiento de cómo resolver novedades de SAP	9	9	9	3	2187
Environment						
28	Fallas al guardar información en el sistema SAP	9	9	9	3	2187
29	Incomodidad por el espacio físico reducido en el área	3	3	9	3	243
30	Puesto de trabajo poco ergonómicos	1	1	3	1	3
Machinery						
31	Error en el sistema SAP por fechas muy largas (no graba)	1	1	9	3	27
Measure						
32	Falta de herramientas adecuadas para la medición de producción	1	1	3	3	9

2.3.4 Diagrama de Pareto de causas ponderadas

Figura 16:

Gráfico de Pareto del peso de las causas



Considerando las 14 primeras causas más importantes de la figura 16 (las cuales representan el 89% del peso total de las causas) se realizó un diagrama impacto-control para filtrar aquellas con un impacto considerable en la variable de respuesta.

Figura 17:

Causas potenciales con mayor peso

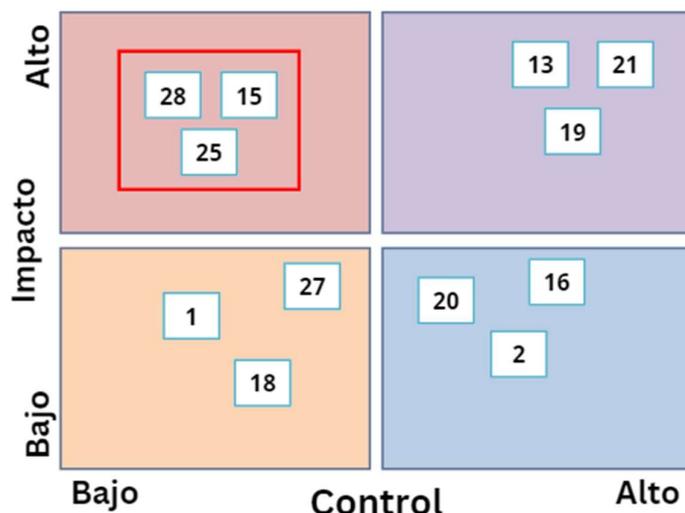
N°	Causas	Jefe de logística	Supervisor de logística	Operador Pl	Operador clier	Tota .T
1	Desconocimiento para detectar productos psicotrópicos sin rotulado	9	9	9	3	2187
2	No se identifica que productos o proveedores tienen políticas	9	9	9	3	2187
3	Ristas cambiadas dentro de cajas primarias	3	3	9	9	729
13	Bulto sin información	9	9	9	3	2187
14	Retornos llegan sin fecha de caducidad	9	9	3	3	729
15	Proceso extenso para Traspasos a tiendas Z17	9	9	9	9	6561
16	Rechazo de unidades y/o fracciones que no proceden (otra transacción)	9	9	9	9	6561
18	Segregación inadecuada de los bultos en las puertas	9	9	9	3	2187
19	Productos sin predigitar por parte del cliente	9	9	9	3	2187
20	Demora de envío desde los Cross-Docking	9	9	9	9	6561
21	Incumplimiento de las políticas de parte POS/clientes	9	9	9	3	2187
25	Falta de motivación para alcanzar metas de procesamiento	3	3	9	9	729
27	Desconocimiento de cómo resolver novedades de SAP	9	9	9	3	2187
28	Fallias al guardar información en el sistema SAP	9	9	9	3	2187

2.3.5 Matriz Impacto-Control

Dada las causas anteriores de la figura 17, se priorizó aquellas que tengan un impacto alto en la variable de respuesta y que sean fácilmente controlables en la figura 18.

Figura 18:

Matriz impacto-control de causas con mayor peso



2.3.6 Plan de verificación de causas

A continuación, se realizaron diferentes pruebas para medir el impacto que tendrían estas causas en el problema y así priorizarlas. El plan de verificación se detalla en la Tabla 6.

Tabla 6:*Plan de verificación de causas*

Causa Potencial	Teoría sobre el impacto	¿Cómo verificarlo?
Pasos extra en el proceso debido a las novedades dentro de los retornos	Cuando hay una novedad al procesar una devolución, se debe seguir una serie de procesos que incluyen: tomar capturas del sistema, buscar la base (celular) para tomar fotos del producto y emitir un correo	Prueba de Mann-Whitney y estimación del impacto en el tiempo de espera con indicadores y parámetros de Factory Physics
Fallas al guardar información del procesamiento en el sistema SAP	Si la información no se guarda correctamente, se debe volver a empezar, lo que genera reprocesos.	Correlación de Spearman entre el número de fallas y el tiempo de procesamiento total
Falta de motivación para alcanzar metas de procesamiento	Los operadores al no contar con un incentivo no tienen la necesidad de aumentar la velocidad de procesamiento o de ser más ágiles con las transacciones	Prueba de Kruskal-Wallis para evaluar el impacto de los incentivos en la productividad

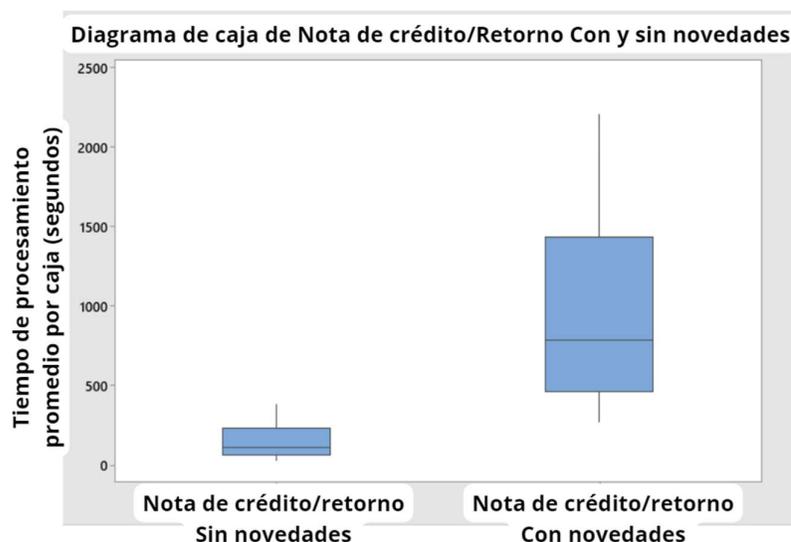
2.3.6.1 Verificación de pasos extra en el proceso debido a las novedades dentro de los retornos.

Los operadores manifestaron que durante el proceso de retorno/notas de crédito, existen productos que ingresan con novedades donde es necesario cambiar el número de lote manualmente.

Para demostrar que esta causa incrementa los tiempos de espera se decidió usar una prueba de Mann-Whitney entre el tiempo de procesamiento de retornos/nota de crédito con y sin novedades.

Figura 19:

Diagrama de caja del tiempo de procesamiento de Notas de crédito/Retorno Con y Sin novedades



El diagrama de caja de la figura 19 demuestra una diferencia clara entre las medias de los tiempos de procesamiento de nota de crédito/retorno en presencia de novedades y sin novedades.

Prueba de Mann-Whitney

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Tabla 7:

Resultados de la prueba de Mann-Whitney

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	974,00	0,000
Ajustado para empates	974,00	0,000

Como resultado de la Tabla 7, es decir, la prueba con un valor $p < 0.05$, se concluyó que existe evidencia suficiente para decir que hay diferencia significativa entre las medianas del tiempo de procesamiento de Retornos/notas de crédito con y sin novedades.

Para comprobar el impacto en el tiempo de espera se realizará una comparación usando las físicas de fábricas.

En primer lugar, se comprobaron los supuestos de arribos con distribución Poisson y tiempos de servicio con distribución exponenciales.

Prueba de chi-cuadrada para distribución Poisson

Hipótesis nula Ho: Los datos siguen una distribución de Poisson

Hipótesis alterna H₁: Los datos no siguen una distribución de Poisson

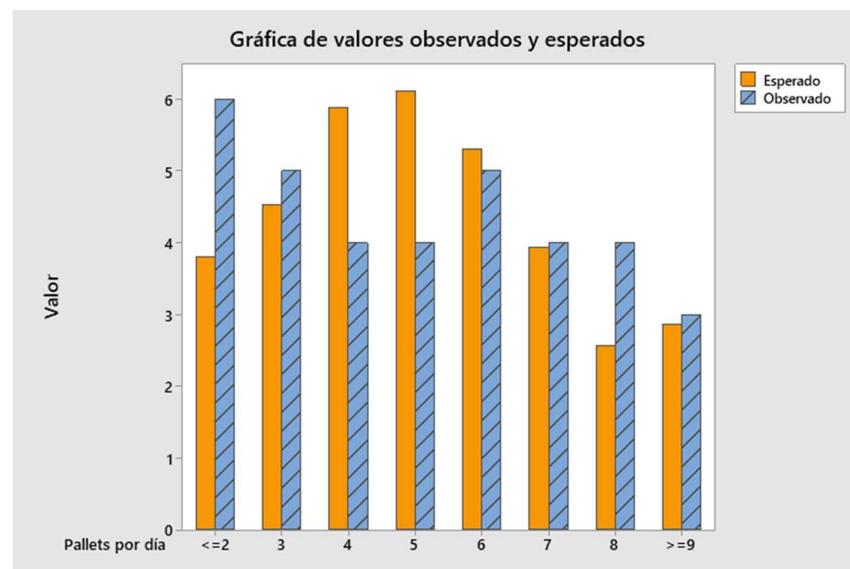
Tabla 8:

Resultados de la prueba de bondad de ajuste para arribos de distribución Poisson

GL	Chi-cuadrada	Valor p
6	3,48180	0,746

Figura 20:

Gráfica de valores observados y esperados para bondad de ajuste Poisson



Con este resultado de la Tabla 8 que muestra un valor p de 0.746, es posible decir que los arribos se ajustan significativamente a una distribución Poisson. Esto se comprueba con la figura 20 que muestra la cercanía entre los valores esperados y los observados.

A continuación, se realizará una prueba de bondad de ajuste para comprobar que los tiempos de servicio siguen una distribución exponencial.

Prueba de chi-cuadrada para distribución Exponencial

Hipótesis nula H_0 : Los datos siguen una distribución Exponencial

Hipótesis alterna H_1 : Los datos no siguen una distribución Exponencial

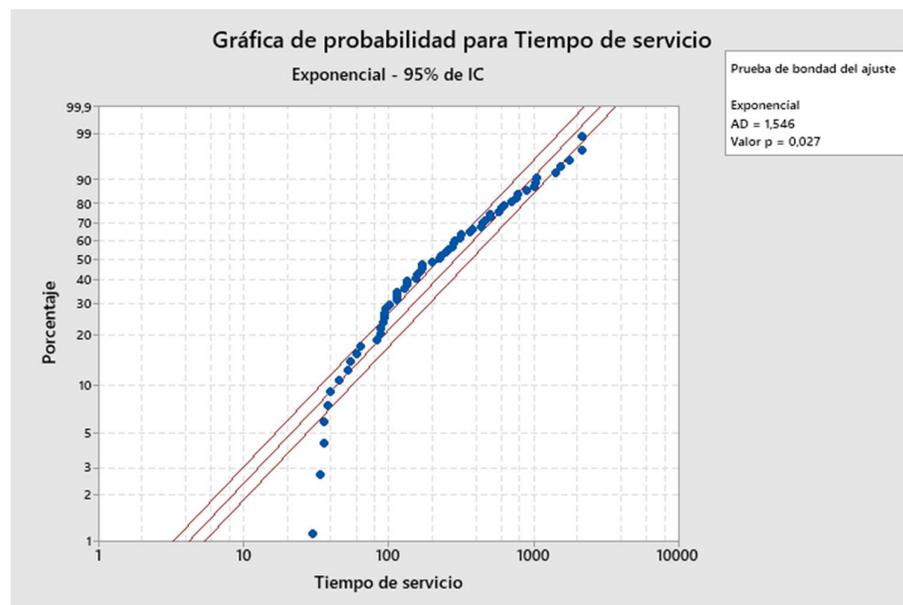
Tabla 9:

Resultados de la prueba de bondad de ajuste para tiempos de servicios de distribución Exponencial

Distribución	AD	Valor p
Exponencial	1,546	0,027

Figura 21:

Gráfica de probabilidad exponencial para tiempo de servicio



Tanto en la figura 21 como en la Tabla 9 se comprueba que con un valor $p > 0.01$ no se puede rechazar la hipótesis nula, por tanto, hay evidencia suficiente para decir que los tiempos de servicio siguen una distribución Exponencial.

Por consiguiente, calculamos los parámetros e indicadores de desempeño, sabiendo que los supuestos de cumplir con las distribuciones esperadas y comprobar que existe diferencia significativa entre tiempos con y sin novedades en el procesamiento de notas de crédito/retorno.

Parámetros de tiempos de procesamiento de notas de crédito/retorno - Con novedades

$$r_b = 14,8093266 \text{ (pallets/días)}$$

$$T_o = 1,01287522 \text{ (días)}$$

$$W_o = 15 \text{ (pallets)}$$

Parámetros de tiempos de procesamiento de notas de crédito/retorno - Sin novedades

$$r_b = 36,1000447 \text{ (pallets/día)}$$

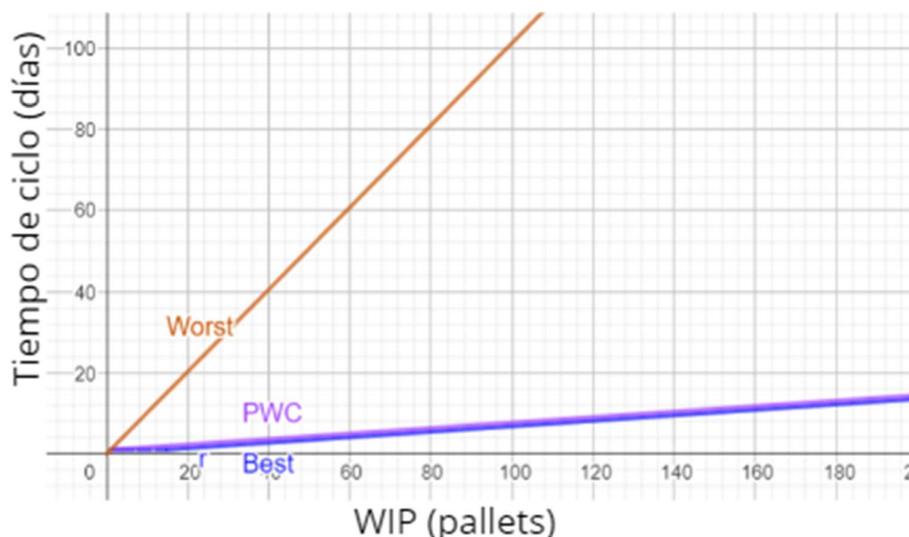
$$T_o = 0,41551195 \text{ (días)}$$

$$W_o = 15 \text{ (pallets)}$$

En los siguientes gráficos se mostrarán como el cambio de estos parámetros afectan en el tiempo de ciclo tanto en el mejor escenario, el peor escenario, y el práctico-peor escenario.

Figura 22:

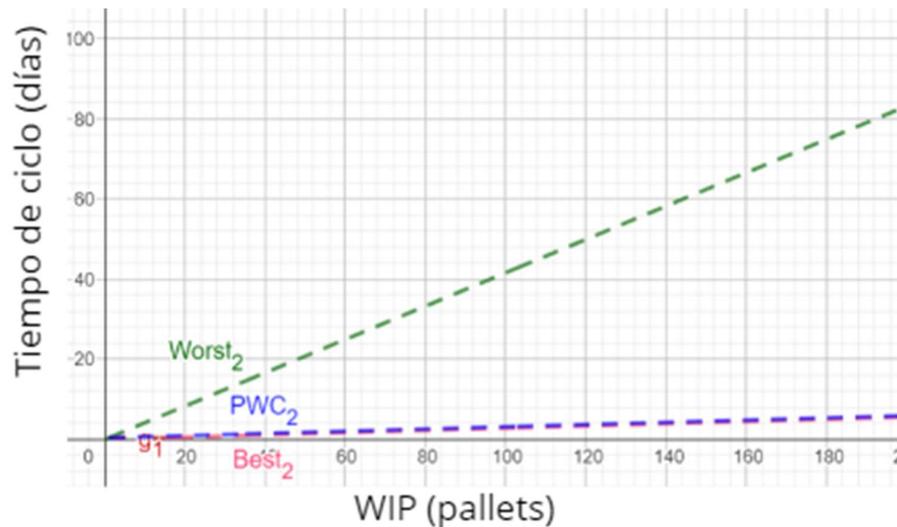
Impacto del procesamiento con novedades en el tiempo de ciclo del mejor, peor y práctico-peor caso



Con los parámetros obtenidos del estudio del proceso de notas de crédito/retorno considerando tiempos de novedades, se estudió el desempeño del proceso según el peor, mejor y práctico-peor caso (figura 22).

Figura 23:

Impacto del procesamiento sin novedades en el tiempo de ciclo del mejor, peor y práctico-peor caso



Es posible notar la diferencia entre ambos escenarios, especialmente en el peor de los casos disminuye considerablemente cuando no hay tiempos afectados por novedades (figura 23) en el procesamiento incluso con el mismo WIP.

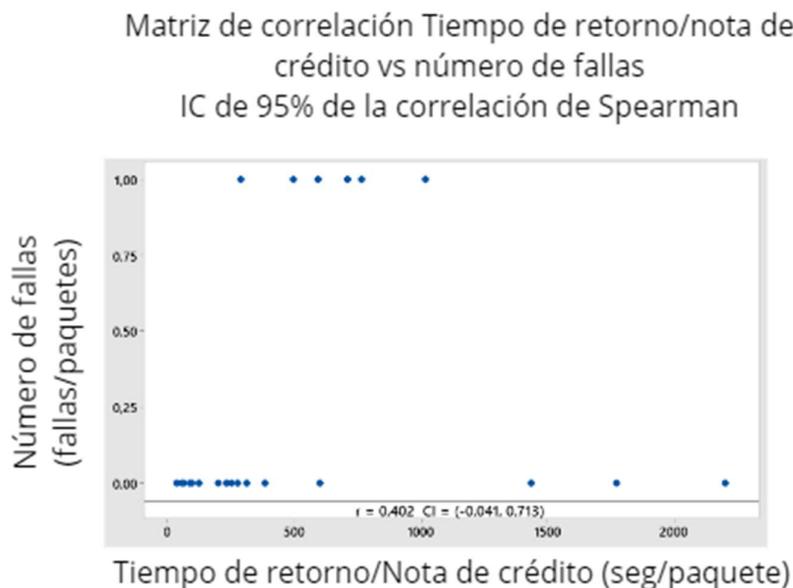
2.3.6.2 Verificación de fallas al guardar información del procesamiento en el sistema SAP

Los operadores al terminar de procesar los retornos/notas de crédito deben guardar y cargar los datos en el sistema. Sin embargo, existen ocasiones donde hay errores que impiden el guardado automático.

Para verificar esta causa se usó la correlación de Spearman entre el número de fallas en el sistema por paquete y el tiempo total de procesamiento de retornos/notas de crédito por paquete.

Figura 24:

Matriz de correlación entre número de fallas en el sistema por paquete y tiempos de retorno/nota de crédito por paquete



H₀: No hay correlación entre las variables

H₁: Hay una correlación significativa entre las variables

Tabla 10:

Resultados de la correlación de Spearman

Muestra 1	Muestra 2	Correlación	Valor p	IC para ρ (95%)
Número de fallas en el sistema	Tiempo de retorno/nota de crédito	0,402	0,064	(-0,041 ; 0,713)

Según la Tabla 10, al tener un valor p mayor a 0.05 hay evidencia suficiente para decir que no existe una relación entre el tiempo total de procesamiento de retorno/nota de crédito de un paquete y número de fallas en el sistema por paquetes. Esto se corrobora en el gráfico de dispersión (figura 24) la cual no muestra ningún tipo de tendencia ni correlación.

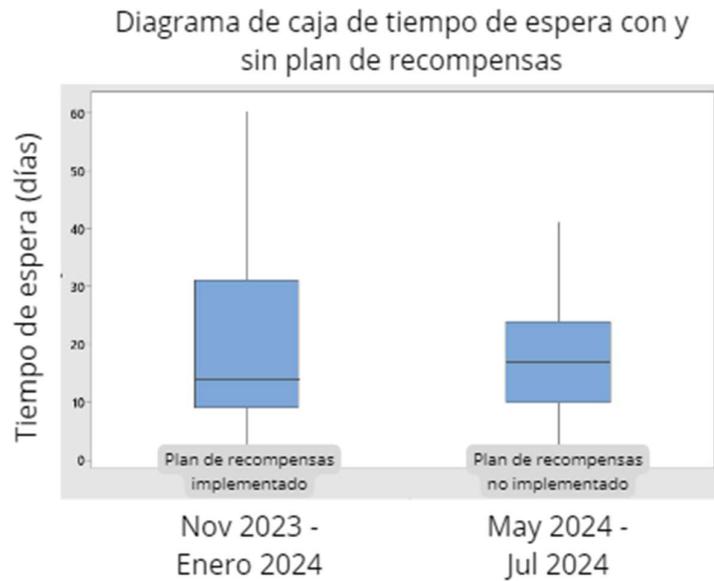
2.3.6.3 Verificación de falta de motivación para alcanzar metas de procesamiento

A finales del año pasado, existía un plan de recompensas que premiaba a los operadores más productivos, sin embargo, se decidió descartar esas actividades. El objetivo es comparar si hay una diferencia significativa entre los tiempos de espera cuando hubo este incentivo y los

últimos meses. Para ello, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para comparar los tiempos de espera de 3 meses de incentivo (desde noviembre 2023 hasta enero 2024) y 3 meses actuales (desde mayo 2024 hasta julio 2024).

Figura 25:

Diagrama de caja de tiempos de espera con y sin plan de recompensas



Prueba de Kruskal-Wallis

Hipótesis nula H_0 : Todas las medianas son iguales

Hipótesis alterna H_1 : Al menos una mediana es diferente

Tabla 11:

Resultados de la prueba Kruskal-Wallis

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	1	547,42	0,000
Ajustado para empates	1	548,01	0,000

Según la Tabla 11, como resultado de la prueba ($p < 0.05$) se concluyó que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, es decir, hay diferencia significativa entre las medianas reflejado en gráficamente en la figura 25.

2.3.7 Cinco ¿Por qué?

Para cada causa potencial que resultó con un efecto significativo en las variables, se utilizó la herramienta de los cinco ¿por qué? Los detalles de los hallazgos y causas raíz se aprecian en la figura 26.

Figura 26:

Aplicación de 5 ¿Por qué?

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Hipótesis	Ronda 4
¿Por qué el proceso de transferencia por novedades de productos es extenso?	Si	¿Por qué no existe una notificación y proceso automático?	Si	¿Por qué no se contempló en el diseño inicial del sistema SAP?	Si	¿Por qué se maneja un sistema diferente en los POS ?
Porque no existe una notificación y proceso automático		Porque no se contempló en el diseño inicial del sistema SAP		Porque se maneja un sistema diferente en los POS		Porque hay una falta de relación directa por medio del Lote del producto
¿Por qué hay falta de motivación para alcanzar metas de procesamiento?	Si	¿Por qué no existe un plan de recompensas?	Si	¿Por qué no hay una meta clara ni KPI's de productividad?	Si	¿Por qué los operadores reportan muchos detalles de la novedad?
Porque no existe un plan de recompensas		Porque esos pasos incluyen diferentes actividades como cambiar entre el sistema, el correo electrónico y otras pantallas.		Porque los operadores tienen que reportar muchos detalles acerca de la novedad a las farmacias		Porque los operadores no saben qué detalles son realmente necesarios reportar
		¿Por qué no existe un plan de recompensas?	Si	¿Por qué no hay una meta clara ni KPI's de productividad?	Si	¿Por qué existe una falta de planificación de las devoluciones?
		Porque no hay una meta clara ni KPI's de productividad		Porque existe una falta de planificación de las devoluciones		Porque se desconoce la carga operacional dentro del área de devoluciones

Como hallazgo se obtuvo que las causas raíz están ligada a:

- Falta de relación directa por medio del Lote del producto y el sistema
- Operadores no saben qué detalles son realmente necesarios en el reporte de novedades de las devoluciones.
- Desconocimiento de la carga operacional dentro del área de devoluciones.

Capítulo 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Mejora

Partiendo de las causas raíz mostradas en la sección anterior se propusieron mejoras al proceso. Se analizaron y priorizaron aquellas que fueras más factibles para la disminución de tiempos de espera según los recursos disponibles en la empresa.

3.1.1 Posibles soluciones

Dada las causas halladas y verificadas se establecieron las siguientes soluciones mostradas en la figura 27 según cada causa raíz:

Figura 27:

Causa raíz con sus respectivas propuestas de solución

Causa	Causa raíz	Soluciones
Pasos extra en el proceso debido a las novedades dentro de los retornos	Falta de una relación directa entre el lote físico y el mostrado en el sistema	<p>S1: Verificar que los lotes son vendidos en los puntos de venta con el método FEFO(Primero en expirar, primero en salir).</p> <p>S2: Enlazar cada unidad a un único número de serie escaneable.</p>
	Los operadores no saben qué detalles son realmente necesarios reportar en las novedades	<p>S3: Estadarizar el reporte de novedades de los retornos.</p>
Falta de un plan de recompensas	Se desconoce la carga operacional dentro del área de devoluciones	<p>S4: Automatizar la información de los paquetes recibidos y procesados.</p> <p>S5: Rediseñar relgas de priorización según el tipo de devolución.</p> <p>S6: Desarrollar un tablero Kanban para tener trazabilidad y medir la productividad real de los retornos.</p>

3.1.2 Análisis financiero inicial

Los costos de cada solución fueron estimados considerando el tiempo de capacitación, horas de trabajo y/o desarrollo, mantenimiento, contratación de proveedores externos y el recurso humano requerido. El costo total de todas las soluciones estimadas fue de \$10 926,50 (figura 28).

Figura 28:*Estimación económica de las soluciones propuestas*

N°	Soluciones	Tiempo de implementación	Costo de software (\$/m)	Desarrollo y mantenimiento	Recursos humanos	Tiempo de entrenamiento (h)	Costo de entremamiento (\$/h)	Cost total (\$)
S1	Verificar que los lotes son vendidos en los puntos de venta con el método FEFO.	Diciembre 23, 2024 - Enero 13, 2025	\$3.000,00	1 mes	-	-	-	\$3.000,00
S2	Enlazar cada unidad a un único número de serie escaneable	> 6 meses	\$1.820,00	4 meses	-	-	-	\$7.280,00
S3	Estadizar el reporte de novedades de los retornos	Diciembre 23, 2024 - Enero 13, 2025	\$0,00	-	20	1 hora	\$3,75	\$75,00
S4	Automatizar la información de los paquetes recibidos y procesados	Diciembre 23, 2024 - Enero 13, 2025	\$0,00	-	2	3 horas	\$3,75	\$22,50
S5	Rediseñar relgas de priorización según el tipo de devolución	Diciembre 23, 2024 - Enero 13, 2025	\$0,00	-	2	3 horas	\$7,00	\$42,00
S6	Desarrollar un tablero Kanban para tener trazabilidad y medir la productividad real de los retornos.	Diciembre 23, 2024 - Enero 13, 2025	\$250,00	1 mes	2	1 hora	\$7,00	\$507,00

3.1.3 Matriz de priorización Impacto-Esfuerzo

Para priorizar las soluciones obtenidas se evaluó su relación impacto y esfuerzo con la matriz mostrada a continuación. Esta matriz de la figura 29 utilizó como medida de esfuerzo el costo y como medida de impacto los posibles resultados según lo mostrado en la verificación de causas.

Figura 29:

Priorización de las soluciones propuestas con una Matriz Impacto-Control. Priorización de las soluciones propuestas con una Matriz Impacto-Control



3.1.4 Análisis financiero final

Finalmente, los costos fueron calculados nuevamente con aquellas soluciones que se consideraron factibles para el desarrollo de este proyecto. Según la figura 30 el costo estimado final fue de \$ 646,5.

Figura 30:

Estimación económica de las soluciones propuestas y priorizadas

N°	Soluciones	Tiempo de implementación	Costo de software (\$/m)	Desarrollo y mantenimiento	Recursos humanos	Tiempo de entrenamiento (h)	Costo de entrenamiento (\$/h)	Cost total (\$)
S3	Estadarizar el reporte de novedades de los retornos	Diciembre 23, 2024 - Enero 13, 2025	\$0,00	-	20	1 hora	\$3,75	\$75,00
S4	Automatizar la información de los paquetes recibidos y procesados	Diciembre 23, 2024 - Enero 13, 2025	\$0,00	-	2	3 horas	\$3,75	\$22,50
S5	Rediseñar relgas de priorización según el tipo de devolución	Diciembre 23, 2024 - Enero 13, 2025	\$0,00	-	2	3 horas	\$7,00	\$42,00
S6	Desarrollar un tablero Kanban para tener trazabilidad y medir la productividad real de los retornos.	Diciembre 23, 2024 - Enero 13, 2025	\$250,00	1 mes	2	1 hora	\$7,00	\$507,00

3.1.5 Plan de implementación

Con las soluciones a implementar definidas se realizó un plan de implementación detallando cómo llevar a cabo cada parte de la solución. Se describieron detalles como cuándo, cómo, dónde, costos estimados y responsables.

Figura 31:

Plan de implementación de las soluciones seleccionadas

N°	Soluciones	Tiempo de implementación	Costo de software (\$/m)	Desarrollo y mantenimiento	Recursos humanos	Tiempo de entrenamiento (h)	Costo de entrenamiento (\$/h)	Cost total (\$)
S3	Estadarizar el reporte de novedades de los retornos	Diciembre 23, 2024 - Enero 13, 2025	\$0,00	-	20	1 hora	\$3,75	\$75,00
S4	Automatizar la información de los paquetes recibidos y procesados	Diciembre 23, 2024 - Enero 13, 2025	\$0,00	-	2	3 horas	\$3,75	\$22,50
S5	Rediseñar relgas de priorización según el tipo de devolución	Diciembre 23, 2024 - Enero 13, 2025	\$0,00	-	2	3 horas	\$7,00	\$42,00
S6	Desarrollar un tablero Kanban para tener trazabilidad y medir la productividad real de los retornos.	Diciembre 23, 2024 - Enero 13, 2025	\$250,00	1 mes	2	1 hora	\$7,00	\$507,00

3.2 Implementación de soluciones

Conforme al plan lo describe, se realizó la implementación de las soluciones. El detalle de las soluciones y sus implicaciones se detallan en las siguientes secciones.

3.2.1 Estandarizar el reporte de novedades de los retornos

Para la estandarización de este reporte de novedades, se recopilaron diferentes ejemplos para conocer los casos más frecuentes. Por consiguiente, se elaboró un formato (véase la figura 32) con campos predeterminados para que los operadores digiten información específica.

Figura 32:

Formato para correo de reporte de novedad en el procesamiento de la devolución

Novedades en la Devolución para Puntos de Venta (POS)

1. Problema por Faltante y Sobrante en la Devolución

<u>Asunto del Correo:</u>	NOVEDAD PEDIDO DE DEVOLUCION #7800411801 FALTANTE Y SOBRANTE
<u>Descripción del Correo:</u>	<p>Buen día, Estimado/a POS,</p> <p>Doy a conocer el <u>print</u>, del pedido de devolución # 7800411828 se envía la novedad para <u>evitar futuros reclamos</u>.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Z FULL LEGA COMO SOBRANTE Y EL CHUPON NO ESTA FISICAMENTE SE PROCEDE A DEVOLVER LA INFORMACION. • SE SOLICITA AL PUNTO DE VENTA GENERE UN NUEVO RETORNO PARA LA UNIDAD DEL Z FULL EN LAS IMÁGENES SE ENCUENTRA LOTE Y FECHA PARA SU REPECTIVO REGISTRO, CASO CONTRARIO SERA ENVIADO A INCINERACIÓN SIN DERECHO A RECLAMO. • EL PRODUCTO A DETALLAR LLEGA CON FRACCIONES DE LOTE DIFERENTE AL DE LA CAJA POR EL CUAL SE PROCEDE A DEVOLVER LA INFORMACION. <p>NOTA: SE ADJUNTA FOTO DE RESPALDO.</p> <p>Saludos cordiales,</p>
Recordatorio:	<ul style="list-style-type: none"> • Agregar el personal indicado como copia del correo. • Enviar foto del producto con la novedad. • Enviar captura del sistema SAP. • Enviar captura del documento contabilizado

3.2.2 Automatizar la información de los paquetes recibidos y procesados

Los bultos al ser recibidos se registraban manualmente en un Excel (véase la figura 33). El proceso fue cambiado para que la información sea obtenida a través de un formulario y una PDA (Personal Digital Assistant) que se enlaza automáticamente con un Excel online (figura

34). Para la implementación de este formulario se realizaron entrevistas a los operadores del área de recepción para saber qué campos son realmente necesarios para no saturar su trabajo.

Figura 33:

Digitalización manual de la información de los paquetes recibidos

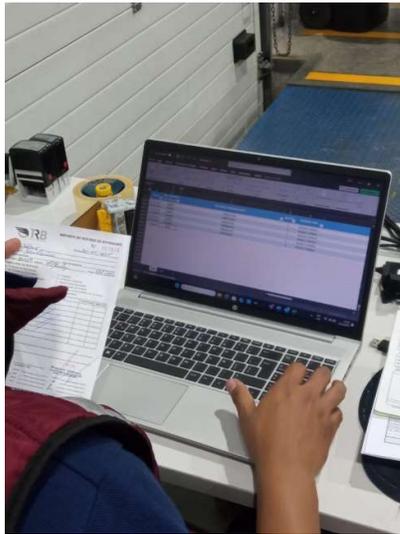


Figura 34:

Digitalización automática de la información de los paquetes recibidos con PDA



Por otra parte, también se realizó la inclusión de otro formulario para realizar un seguimiento de la ubicación de los paquetes en los pallets y estanterías (figura 36). Para ello, se codificaron los pallets y las estanterías respectivamente (figura 35).

Figura 35:

Codificación de los Racks del área de devoluciones

**Figura 36:**

Digitalización automática de la información de la ubicación de los paquetes con PDA



3.2.3 Rediseñar reglas de priorización según el tipo de devolución

Con la información recopilada con anterioridad, es posible calcular la fecha límite para cada pallet. La fecha límite es calculada partiendo de la fecha en la que fue rellenada el formulario de recepción y se le asigna unos días de holgura según el motivo de devolución. En

base a eso, se ordena los pallets con fecha límite más próxima a caducar como se ve en la figura 37.

Figura 37:

Reporte de priorización de devoluciones según la fecha de vencimiento

Reporte de priorización de devoluciones						
Nombre	Código del Pallet	Motivo de devolución	Fecha límite promedi	Días faltantes	Procesado	
Cindy Vanes	D001	Vencimiento	10/1/2025	-8,29	Por procesar	
Michelle Car	D019	Recall	9/1/2025	-9,35	Procesado	
Edson Rafea	D047	Vencimiento	15/1/2025	-3,27	Procesado	
Cindy Vanes	D038	Vencimiento	2/2/2025	14,56	Procesado	
Eduardo Gar	D050	Buen Estado	8/2/2025	20,70	Procesado	
Michelle Car	D051	Vencimiento	8/2/2025	20,79	Procesado	
Elio Enrique	D045	Vencimiento	8/2/2025	20,62	Procesado	
Elio Enrique	D046	Vencimiento	8/2/2025	20,66	Procesado	
Carol Estefa	D004	Vencimiento	9/2/2025	21,73	Por procesar	
Cristopher A	D055	Vencimiento	9/2/2025	21,53	Procesado	
Eduardo Gar	D043	Vencimiento	8/2/2025	20,60	Procesado	
Michelle Car	D052	Vencimiento	8/2/2025	20,87	Procesado	
Eduardo Gar	D042	Vencimiento	8/2/2025	20,59	Procesado	
Eduardo Gar	D003	Vencimiento	10/2/2025	22,67	Por procesar	
Edson Rafea	D049	Averiado	24/2/2025	36,74	Procesado	

3.2.4 Desarrollar un tablero Kanban para tener trazabilidad y medir la productividad real de las devoluciones

La implementación de esta solución integra la información de los formularios en un tablero Kanban a través de herramientas de Microsoft como Power Automate y Planner. De la misma forma, los indicadores fueron calculados y mostrados en Power BI (véase figura 38 y 39).

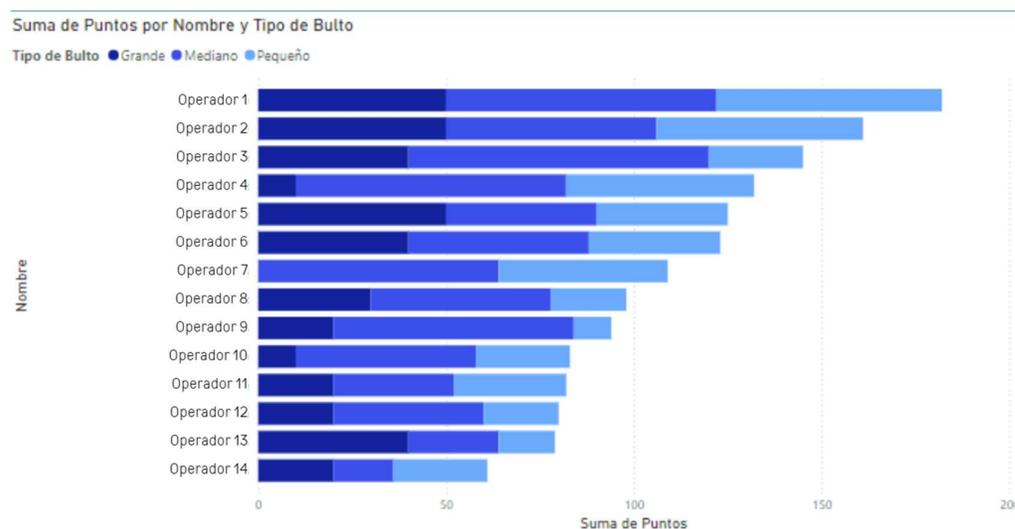
Figura 38:

Tablero Kanban de las devoluciones registradas en la recepción, almacenamiento y procesamiento



Figura 39:

Reporte de indicadores de productividad diaria por operador en el área de procesamiento de devoluciones

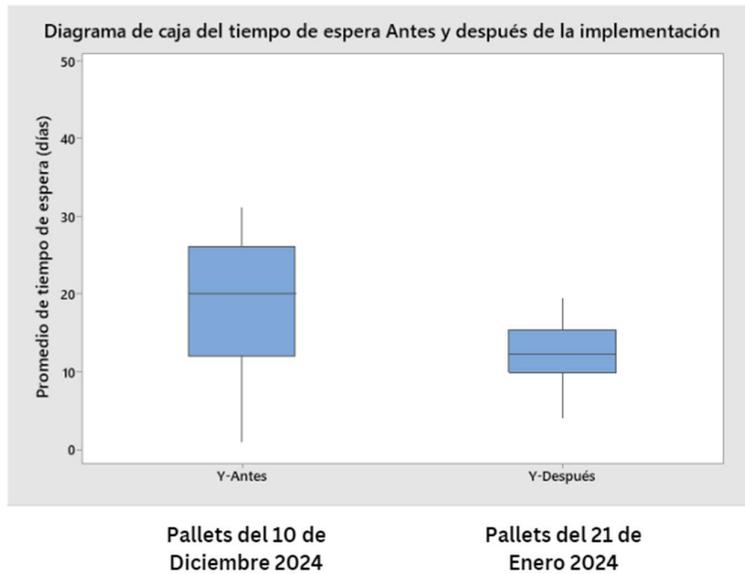


3.3 Resultados de la implementación

Para evidenciar los resultados de la implementación, se realizó una medición del tiempo promedio de los pallets que estaban en espera antes y después de la implementación. Por consiguiente, se usó una prueba no paramétrica para verificar si existe diferencia significativa entre ambos, en este caso la prueba Mann-Whitney.

Figura 40:

Diagrama de caja del tiempo de espera Antes y Después de la implementación



Método

η_1 : mediana de Y-Después

η_2 : mediana de Y-Antes

Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Tabla 12:

Estadística descriptiva de la variable de respuesta Y Antes y Después de la implementación

Muestra	N	Mediana
Y-Después	89	14,2360
Y-Antes	91	20,000

Como se muestra en la Tabla 12, para esta prueba se usó una muestra de 89 y 91 pallets en espera para el antes y después respectivamente. Los pallets de Y-antes fueron medidos con el tiempo de espera que tenían los pallets en el rack el día 10 de diciembre del 2024, mientras que para la Y-después se volvió a medir de la misma forma el día 21 de enero del 2025.

Tabla 13:*Estimación de la diferencia entre tiempos de espera Antes y Después*

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
-5,90247	(-7,40778; -4,44308)	95,00%

La diferencia fue de un 5,90 días con un intervalo de confianza de (-7,40778; -4,44308) en días como se muestra en la Tabla 13.

Prueba de Mann-Whitney

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Tabla 14:*Resultados de la prueba de Mann-Whitney entre tiempos de espera Antes y Después.*

Método			Valor W	Valor p
No	ajustado	para	14148916,00	0,000
empates				
Ajustado	para	empates	14148916,00	0,000

Como se muestra en la Tabla 14, como resultado de la prueba ($p < 0.05$) se concluyó que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, es decir, hay diferencia significativa (reducción del 28,85%) entre las medianas del tiempo de espera antes (10 de diciembre) y después (21 de enero).

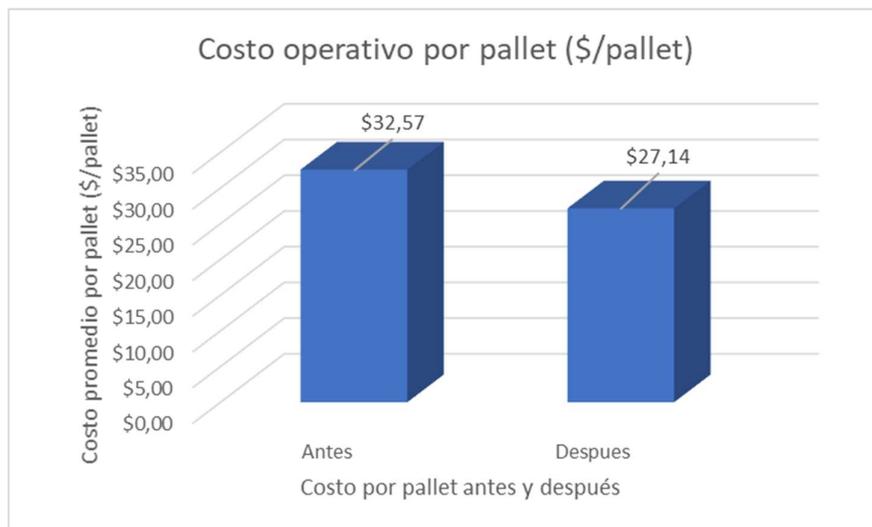
3.3.1 Impacto económico

Al reducir el tiempo de espera de los pallets, los costos operativos asociados a su procesamiento también se ven reducidos. La disminución de los tiempos de espera afecta directamente en la productividad que se ve reflejado en un aumento del 20%, es decir, pasando de procesar 15 pallets/día a 18 pallets/día. Considerando un costo total al mes de \$ 1 0751,25 según el salario de los operadores en el área obtenemos los costos por pallet antes y después

(\$32,57 y \$27,14 respectivamente). Esto resulta en un ahorro de \$5,43 por pallet con el aumento de productividad y la reducción de tiempo de espera (véase la figura 41).

Figura 41:

Costo operativo por pallet Antes y Después de la implementación

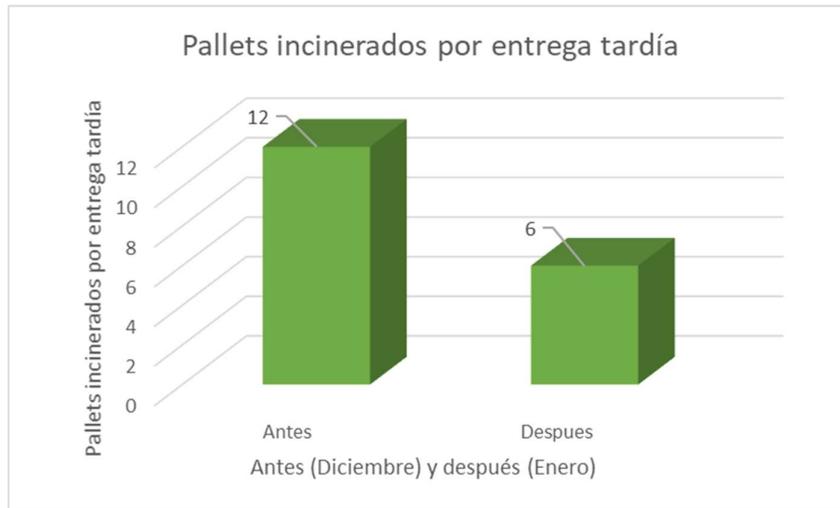


3.3.2 Impacto ambiental

La planificación eficiente del orden de procesamiento de los pallets de devoluciones tiene un impacto significativo en la operación de la distribuidora. Como resultado directo de esta optimización, se logró reducir en un 50% la cantidad de pallets que exceden el plazo establecido para su procesamiento. Estos pallets, al no ser gestionados oportunamente, deben ser enviados a incineración, ya que no es posible recuperar notas de crédito del proveedor ni utilizarlos para donaciones (véase la figura 42).

Figura 42:

Pallets incinerados por entrega tardía Antes y Después de la implementación

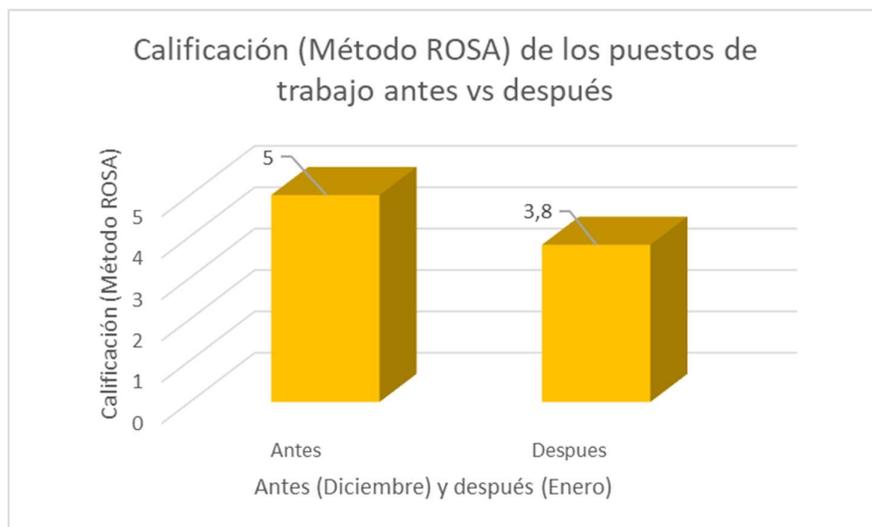


3.3.3 Impacto social

La automatización del proceso contribuyó a mejorar la ergonomía en el área de trabajo. Los operadores redujeron el tiempo destinado al registro manual de cada paquete en la computadora, lo que disminuyó la carga física y el riesgo de lesiones asociadas. Este impacto fue evaluado mediante el método ROSA, obteniéndose un promedio de 3,8 puntos tras la implementación, en comparación con los 5 puntos promedio registrados previamente. Este cambio indica una mejora sustancial en las condiciones ergonómicas del espacio de trabajo (véase la figura 43).

Figura 43:

Calificación ROSA Antes y Después de la implementación



3.4 Plan de control

A largo plazo, se implementaron controles semanales diseñados para evaluar el desempeño del área y, simultáneamente, identificar nuevas oportunidades de mejora. El plan establecido incluye un desglose detallado de responsabilidades, actividades específicas, frecuencia, ubicaciones y otros aspectos clave necesarios para garantizar la sostenibilidad de las soluciones implementadas. Este enfoque sistemático asegura que las mejoras sean monitoreadas y ajustadas de manera continua según la Tabla 15.

Tabla 15:

Plan de Control para cada solución presentada

Solución	¿Qué?	¿Quién?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Cuánto?	
S4	Presentar reportes	Jefe	y Identificar	Registro	de	Cada	Sala	Una
S6	del área de devoluciones en reuniones ejecutivas	Supervisor	de novedades en el proceso y toma de decisiones rápidas	Bitácora de las reuniones	de las	semana	Sala de reuniones	Una hora laboral
S4	Visualizar desempeño	Jefe	y Identificar	la	Registro	Cada	Área	Treinta
S6		Supervisor	velocidad	automático	de	día	de	minutos

	productividad de los operadores del área de devoluciones	or de Devoluciones	de operativa de cada operador	la productividad			Devoluciones	laborales
S5	Reporte de tareas procesadas fuera de la fecha límite de procesamiento	Jefe y Supervisor de Devoluciones	Identificar pallets que no pudieron procesarse a tiempo aún con la priorización	Registro de pallets procesados fuera de la fecha límite	Cada Sema	Sala de reuniones	Una hora laboral	
S3	Resumen de novedades en el área de devoluciones	Jefe y Supervisor de Devoluciones	Identificar las novedades más comunes y el tiempo empleado en ellas	Registro de las novedades presentes en el procesamiento	Cada sema	Sala de reuniones	Treinta minutos laborales	
S4	Control visual de las nuevas ubicaciones	Operador de montacargas	Fortalecer la memoria de ubicación y codificación de las estanterías	Control visual en los racks	Cada día	Racks de devoluciones	10 minutos laborales	

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

- Las causas raíz del problema fueron tres principales:
 - Falta de relación directa por medio del Lote del producto y el sistema.
 - Operadores no saben qué detalles son realmente necesarios en el reporte de novedades de las devoluciones.
 - Desconocimiento de la carga operacional dentro del área de devoluciones.
- Se logró una reducción del 28,85% en el tiempo promedio de procesamiento de los pallets de devoluciones, mediante la implementación de un sistema automatizado que optimiza la planificación, trazabilidad y priorización de las devoluciones.
- Según los resultados de los pilares de sostenibilidad:
 - Se obtuvo un ahorro de \$5,43 por pallet dado el aumento de productividad y la reducción del tiempo promedio de espera por pallet.
 - Se redujo en un 50% los pallets incinerados por no procesarse en el plazo establecido.
 - Se aumentó la ergonomía de los trabajadores al automatizar el registro de los paquetes en la recepción. Según el método ROSA se pasó de un puntaje de 5 a uno de 3,8 puntos.

4.1.2 Recomendaciones

- Es posible realizar una aproximación mucho más acertada de la carga de trabajo pendiente conociendo la cantidad de productos contenidos internamente de los paquetes, sin embargo, esa integración de datos requiere mucho más tiempo o exige más complejidad. Por tanto, se recomienda el uso de la base de datos que se maneja internamente para complementar los indicadores del área.

- Analizar otras áreas relacionadas dado que el aumento de productividad en esta parte del proceso puede desbalancear la línea en general. Es decir, causar un cuello de botella nuevo en otras partes del proceso.
- Controlar el origen de los paquetes es necesario dado que se cuenta con un sistema que funciona si estos paquetes vienen pre-digitados, sin embargo, aquellas cajas que vienen con información manual retrasarían el proceso.
- Se recomienda tener un control estricto en la recepción dado que el registro de los paquetes aún puede estar sujeto a ciertos errores humanos.
- Debido a la naturaleza de los formularios y los registros online, la seguridad se ve afectada por lo que es importante contar una seguridad extra para guardar esta nueva base de datos y restringir su acceso.

Referencias

- Castillo Nuñez, J. P. (20 de Noviembre de 2023). *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/11336/10639>
- Chen, J. C., Li, Y., & Shady, B. D. (24 de Diciembre de 2008). From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: an industrial case study. *International Journal of Production Research*, 1069-1086. doi:<https://doi.org/10.1080/00207540802484911>
- García Martínez, E. (18 de Junio de 2024). *Universitat Politècnica de Valencia*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/205226>
- González González, H., & Escobar Prado, C. A. (16 de Diciembre de 2021). Aplicación de la herramienta SIPOC a la cadena de suministro interna de una empresa distribuidora de medicamentos. *Revista Lumen Gentium*, 119-134. doi:<https://doi.org/10.52525/lg.v5n2a8>
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México D.F.: Mc Graw Hill.
- Hashim, R. M., Muhammad, N. A., Shammari, A., & Muhammad, N. (24 de Octubre de 2024). *SPRINGER NATURE Link*. Obtenido de <https://link-springer-com.espol.lookproxy.com/article/10.1007/s00170-024-14712-3>
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2011). *Factory Physics*. Long Grove: Wavelan Press, Inc.
- Jamil, N., Gholami, H., Mat Saman, M., Streimikiene, D., Sharif, S., & Zakuan, N. (23 de Mayo de 2020). DMAIC-based approach to sustainable value stream mapping: towards a sustainable manufacturing system. *Economic Research-Ekonomska Istrazivanja*, 331-360. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1331677X.2020.1715236#abstract>
- Mares Castro, A., & Ramírez Pérez, J. (13 de Diciembre de 2024). *SciELO*. Obtenido de https://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-78902024000400005&lang=es
- Mishra, P., Pandey, C. M., Singh, U., Gupta, A., Sahu, C., & Keshri, A. (2019). Descriptive Statistics and Normality Tests for Statistical Data. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, 67-72. Obtenido de

- https://journals.lww.com/aoca/fulltext/2019/22010/descriptive_statistics_and_normality_tests_for.11.aspx
- Rath, S., & Agrawal, R. (1 de Junio de 2023). Prediction of novel operating parameters using Six Sigma: A study in the steel making process. *Quality Management Journal*, 187-201. doi:<https://doi.org/10.1080/10686967.2023.2211284>
- Ruiz Mogollón, M. I. (7 de Julio de 2023). *Implementación de Proyecto de Mejora de Procesos en Almacén de Línea de Manualidades*. ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL. Universidad Europea. Obtenido de <https://titula.universidadeuropea.com/bitstream/handle/20.500.12880/5419/ruizmogollonmarcelaines.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sajjad, M. H., Naeem, K., Zubair, M., Jan, Q. M., Khattak, S. B., Omair, M., & Nawaz, R. (7 de Marzo de 2021). *Taylor & Francis*. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2021.1896419#abstract>
- Wackerly, D. D., Mendenhall III, W., & Scheaffer, R. L. (2010). *Estadística Matemática con Aplicaciones*. México D.F.: CENGAGE Learning.
- Wahyuanto, E., Giantoro, E., Teguh Widodo, J. D., & Yuniar, R. (5 de Marzo de 2024). The Application of Brainstorming Method in Developing Ideas in The Production of Television Documentary Side of Life Episode Not The Same. *Technium Education and Humanities*, 54-65. doi:<https://doi.org/10.47577/teh.v7i.10743>
- Witell, L., Kabel, D., Martin, J., & Elg, M. (27 de Junio de 2024). Capturing the voice of the customer: focus groups versus netnography? *Total Quality Management & Business Excellence*, 1359-1377.

Apéndices.

Figura 44:

Diagrama de afinidad



Mann withney

Método

η_1 : media de Y1 – Datos históricos

η_2 : media de Y2 – Estudio de tiempos

Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Tabla 16:

Estadística descriptiva de Y1 y Y2

Muestra	N	Media
Y1 – Datos históricos	160149	19,7048
Y2 – Estudio de tiempos	91	20,0038

Tabla 17:

Estimación de la diferencia entre Y1 y Y2

Diferencia	Intervalo de confianza para la diferencia	Confianza lograda
0,696958	(-1,20675; 2,56351)	95,00%

Figura 45:

Gráfica de transformación de Johnson para tiempos de validación (X1)

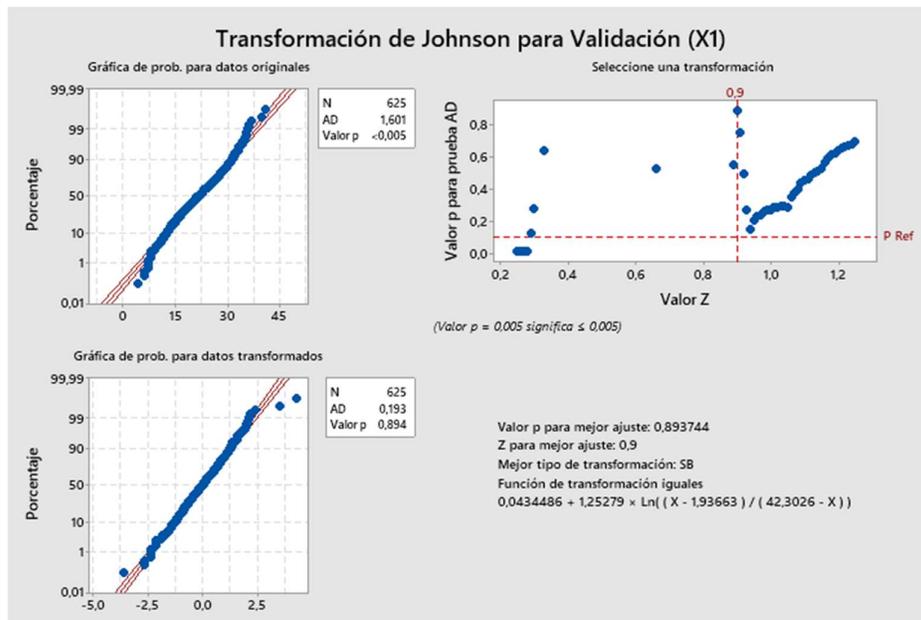


Figura 46:

Gráfica de transformación de Johnson para tiempos de transporte interno (X2)

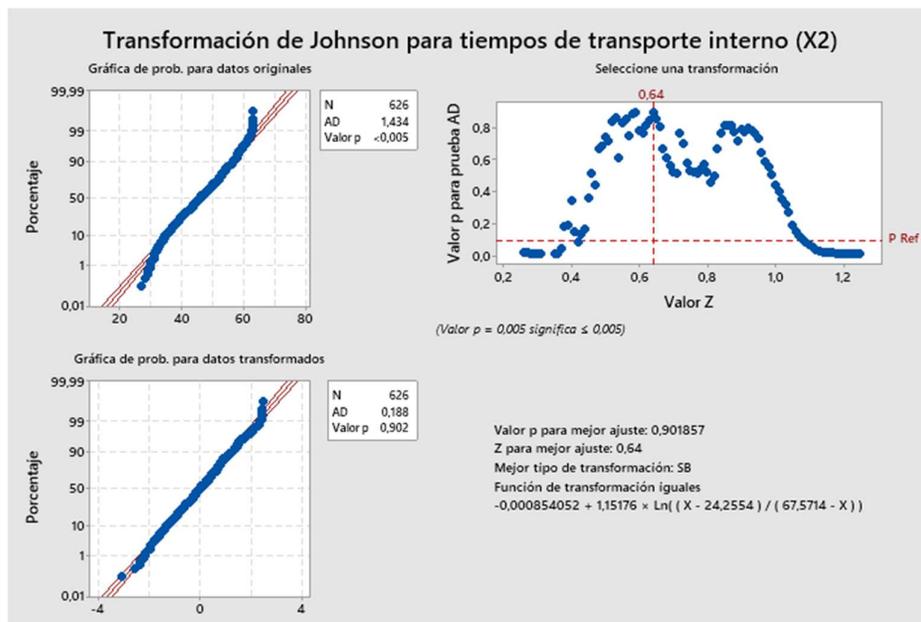


Figura 47:

Gráfica de transformación de Johnson para tiempos de espera (X3)

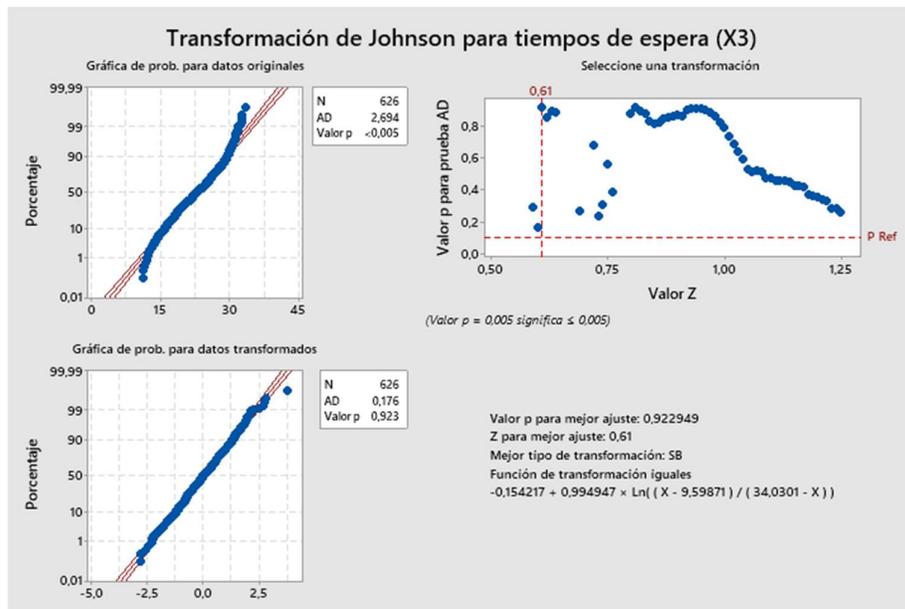


Figura 48:

Gráfica de transformación de Johnson para tiempos de retorno/nota de crédito (X4)

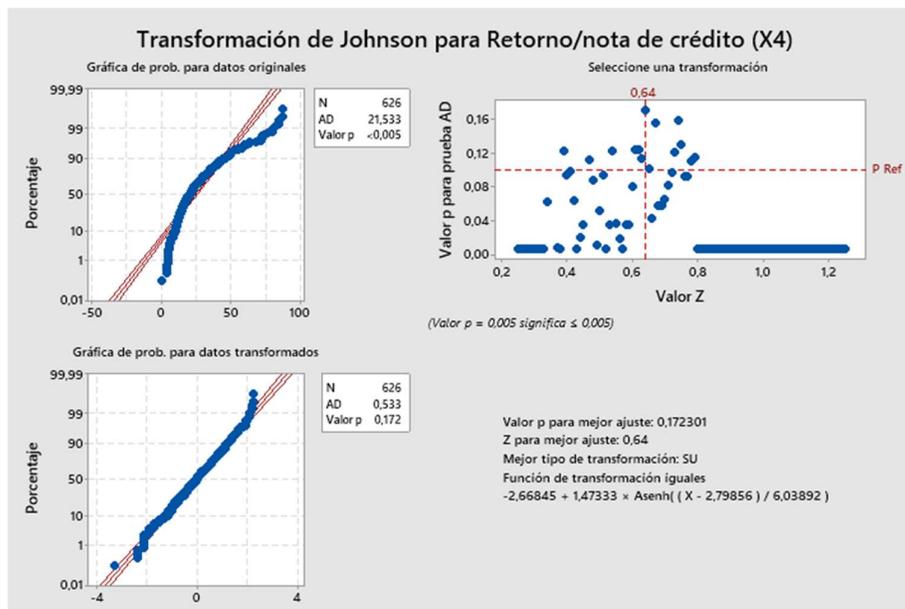


Figura 49:

Gráfica de capacidad de Tiempo de validación X1 (segundos)

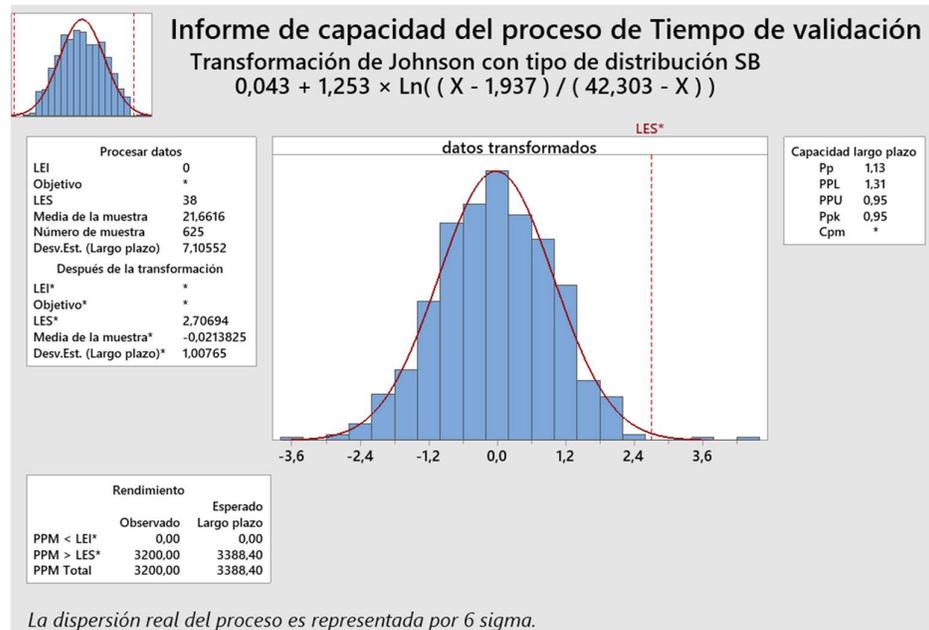


Figura 50:

Gráfica de capacidad de Tiempo de transporte interno X2 (segundos)

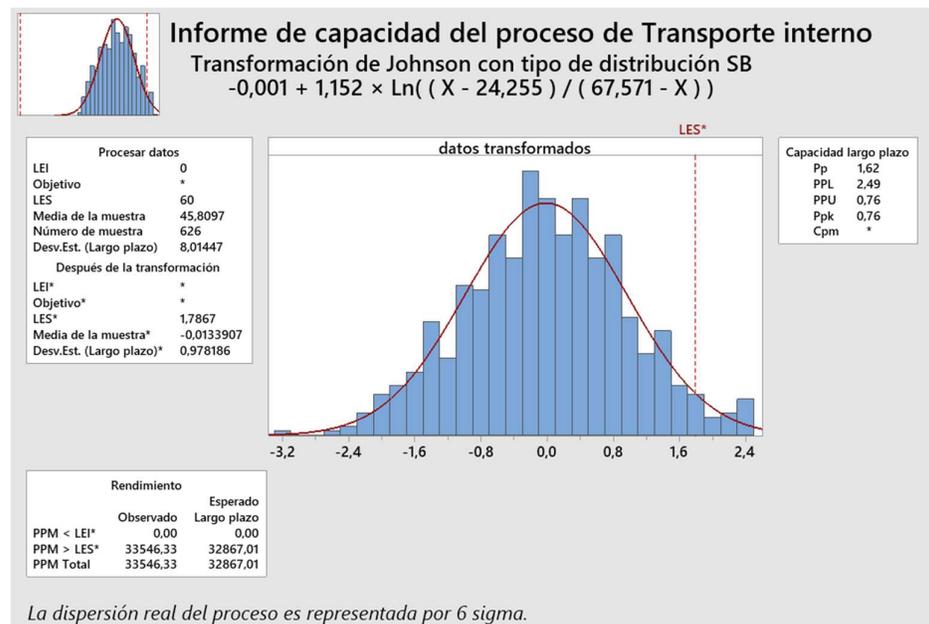


Figura 51:

Gráfica de capacidad de tiempo de espera X3 (días)

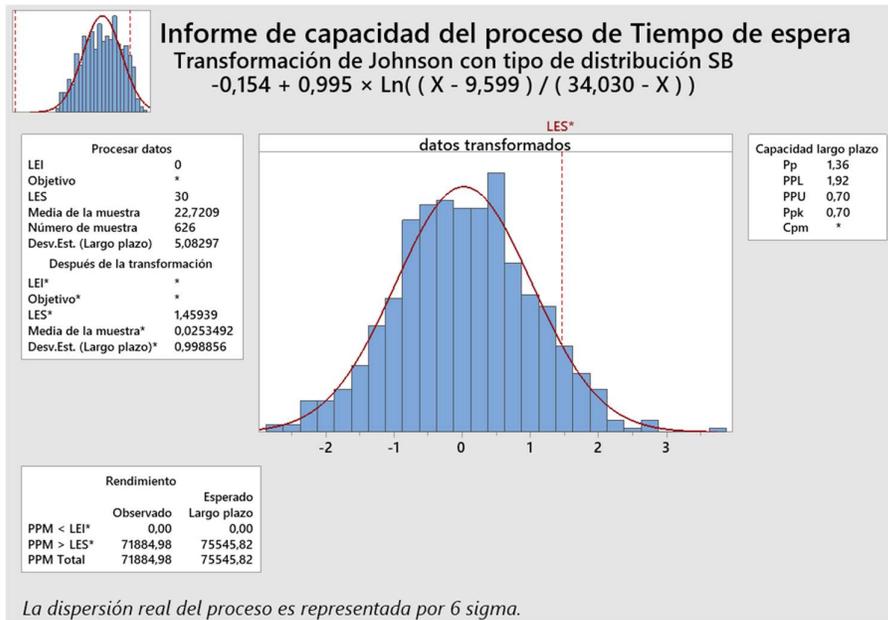
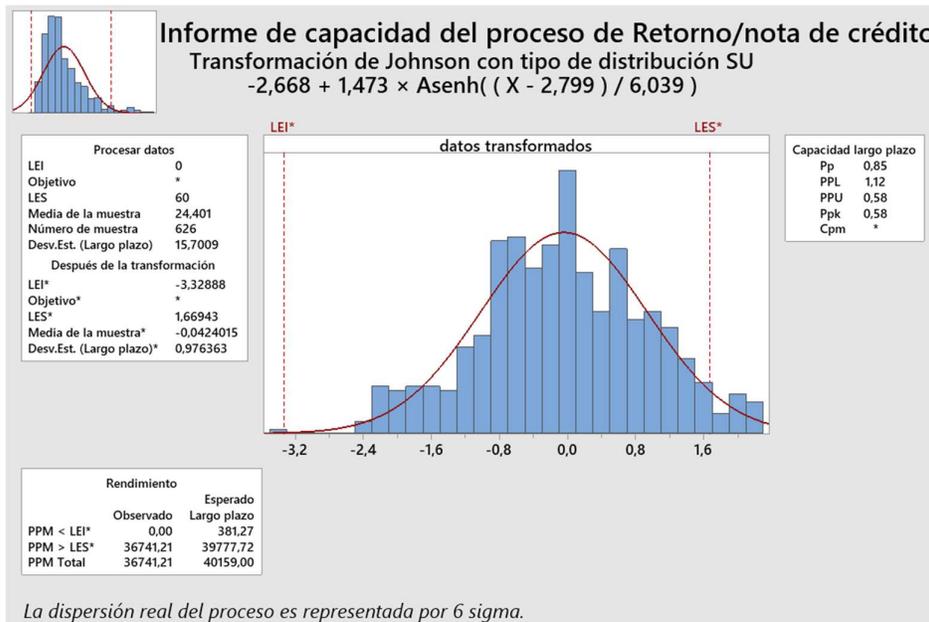


Figura 52:

Gráfica de capacidad de los tiempos de retorno/nota de crédito X4 (segundos)



Método

η_1 : mediana de Nota de crédito/retorno-Sin novedades

η_2 : mediana de Nota de crédito/retorno-Con novedades

Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Tabla 18:

Estadística descriptiva de los tiempos de Nota de crédito/Retorno con y sin novedades

Muestra	N	Mediana
Nota de crédito/retorno-Sin novedades	43	115
Nota de crédito/retorno-Con novedades	19	787

Tabla 19:

Estimación de la diferencia de tiempos con y sin novedades

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
-669	(-907; -421)	95,11%

Tabla 20:

Estadística descriptiva de la implementación y la ausencia de un plan de recompensas

Motivación	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
Implementado	267344	14	249539,6	-23,40
No implementado	240875	17	259182,7	23,40