

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción**

Aumento del cumplimiento en la apertura de cajas de componentes en una  
ensambladora de motos

INGE - 3080

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Ingenieros Industriales**

Presentado por:

Mario Ronaldo Vásquez Macías

Jorge Luis Ñamo Parco

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

## Dedicatoria

---

Dedico la presente tesis, en primer lugar, a mi familia, por ser el principal soporte a lo largo de mi formación académica y personal. Su respaldo constante, comprensión y aliento han sido fundamentales para culminar esta etapa tan importante de mi vida.

De manera especial, dedico este trabajo a mi madre, María Lorenza Parco Masasela, cuyo esfuerzo, sacrificio y entrega incondicional han sido el motor que me impulsó a perseverar incluso en los momentos de mayor dificultad. Su ejemplo de fortaleza, responsabilidad y compromiso ha sido una guía permanente en mi desarrollo profesional y humano.

**Jorge Luis Ñamo Parco**

## Dedicatoria

---

Este trabajo está dedicado a mi familia, por ser el espacio donde nacen los valores que sostienen cada logro alcanzado. Su acompañamiento silencioso, su confianza permanente y su ejemplo han sido fundamentales durante todo mi proceso de formación profesional.

De manera especial, dedico este esfuerzo a mi madre, Cecilia Mercedes Macías Aguirre, cuya constancia, amor y entrega han marcado profundamente mi camino. Su apoyo incondicional y su capacidad de creer incluso en los momentos más desafiantes han sido la motivación que me impulsó a no rendirme y a culminar esta etapa académica.

**Mario Ronaldo Vásquez Macías**

## Agradecimientos

---

A Dios, por brindarme la fortaleza, sabiduría y perseverancia necesarias para culminar este trabajo de investigación, y por guiar cada etapa de mi formación académica y personal.

A mi compañero de tesis, por su compromiso, colaboración y apoyo constante durante el desarrollo de este proyecto. Su dedicación, disposición para el trabajo en equipo y aporte académico fueron fundamentales para alcanzar los objetivos planteados.

De manera especial, agradezco a mi tutora, por su guía profesional, orientación académica y valiosos conocimientos compartidos a lo largo del proceso de investigación. Su acompañamiento, exigencia y retroalimentación oportuna contribuyeron significativamente a la calidad y culminación del presente trabajo.

**Jorge Luis Ñamo Parco**

## Agradecimientos

---

A Jesús , por concederme la oportunidad de culminar esta etapa académica y por acompañarme con sabiduría y fortaleza a lo largo de todo el proceso de elaboración de este trabajo de investigación.

Agradezco de manera especial a mi tutora, por su orientación metodológica, su rigor académico y su constante acompañamiento, los cuales fueron determinantes para el desarrollo y consolidación de esta tesis. Su experiencia y compromiso contribuyeron significativamente al cumplimiento de los objetivos planteados.

Reconozco y valoro el apoyo de mi compañero de tesis, con quien compartí responsabilidades, aprendizajes y retos durante la ejecución de este proyecto. Su colaboración, responsabilidad y disposición para el trabajo conjunto permitieron avanzar de manera eficiente y organizada.

**Mario Ronaldo Vasquez Macias**

## Declaración Expresa

---

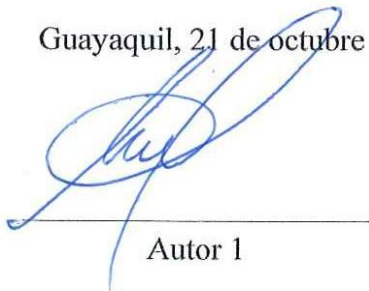
Nosotros Mario Ronaldo Vasquez Macías & Jorge Luis Ñamo Parco, acordamos y reconocemos que:

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.

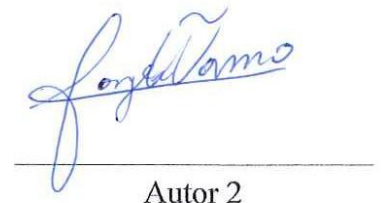
Guayaquil, 21 de octubre del 2025.



---

Autor 1

Mario Ronaldo Vasquez Macías



---

Autor 2

Jorge Luis Ñamo Parco

## **Evaluadores**

---

---

**María Fernanda López Sarzosa, M. Sc**

Profesor de Materia

---

**Jenny Pilar Gutiérrez López, PhD**

Tutor de proyecto

## Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo mejorar el nivel de cumplimiento del plan diario de apertura de cajas en el área operativa, proceso que actualmente presenta retrasos y baja eficiencia debido a causas relacionadas con la organización, el flujo de materiales y el uso de recursos. Para ello, se evaluó el proceso utilizando indicadores de desempeño que permitieron determinar su estabilidad y eficiencia. Asimismo, se identificaron las principales causas del bajo cumplimiento mediante el análisis de causa raíz, como el diagrama de Ishikawa y la técnica de los 5 por qué.

Como parte del análisis, se plantearon mejoras orientadas a fortalecer la planificación y la ejecución del proceso. Entre las acciones propuestas destacan: Analizar las actividades que agregan y no agregan valor durante el proceso de apertura de cajas, y la implementación de un stock de seguridad, que permita asegurar un volumen mínimo de cajas preparadas previamente para absorber variaciones en la demanda, retrasos imprevistos o ausencias de personal. Estas mejoras buscan garantizar estabilidad operativa, reducir cuellos de botella y asegurar mayor continuidad en el flujo de trabajo.

**Palabras Clave:** Causa raíz, Indicadores de desempeño, flujo de materiales, Stock de seguridad.

### ***Abstract***

*The purpose of this work is to improve the compliance level of the daily box-opening plan in the operations area, a process that currently presents delays and low efficiency due to issues related to organization, material flow, and resource utilization. To achieve this, the process was evaluated using performance indicators that allowed the determination of its stability and efficiency. Additionally, the main causes of low compliance were identified through root-cause analysis tools, such as the Ishikawa diagram and the 5 Whys technique.*

*As part of the analysis, several improvements were proposed to strengthen process planning and execution. The key actions include analyze the value-added and non-value-added activities during the box-opening process and implementing a safety stock that ensures a minimum volume of boxes prepared in advance to absorb demand variations, unexpected delays, or staff absences. These improvements aim to ensure operational stability, reduce bottlenecks, and provide greater continuity in the workflow.*

**Keywords:** *Root cause, performance indicators, material flow, safety stock.*

## Índice general

Resumen.....	I
<i>Abstract</i> .....	II
Índice general.....	III
Índice de tablas .....	V
Índice de figuras.....	VI
Abreviaturas.....	VII
Capítulo 1.....	1
1.2 Descripción del Problema .....	3
1.3 Justificación del Problema .....	4
1.4 Objetivos.....	5
<i>1.4.1 Objetivo general</i> .....	5
<i>1.4.2 Objetivos específicos</i> .....	5
1.5 Marco teórico.....	5
Capítulo 2.....	8
2.1 Metodología.....	9
2.1.1. Definición.....	9
2.1.2. Medir.....	12
2.1.3. Análisis.....	21
2.1.4. Mejora .....	31
Capítulo 3.....	33
3.1 Resultados y análisis .....	34
3.1.1 <i>Análisis de costos</i> .....	34
3.1.2 <i>Solución 1</i> .....	38
3.1.3 <i>Solución 6</i> .....	39
3.1.4 <i>Plan de implementación</i> .....	44

3.1.5	<i>Análisis de resultados</i> .....	45
3.2	Triple Resultado Final.....	51
3.2.1	<i>Pilar social</i> .....	51
3.2.2	<i>Pilar económico</i> .....	52
3.2.3	<i>Pilar ambiental</i> .....	54
3.3	Control.....	57
3.3.1	<i>Plan de control</i> .....	57
3.3.2	<i>Estrategia de Control de la solución 1</i> .....	58
3.3.3	<i>Estrategia de control de la solución 6</i> .....	59
Capítulo 4	.....	60
4.1	Conclusiones y recomendaciones.....	61
4.1.1	<i>Conclusiones</i> .....	61
4.1.2	<i>Recomendaciones</i> .....	63
BIBLIOGRAFÍA	.....	64

## Índice de tablas

Tabla 1 <i>Plan de recolección de datos -CTQ</i> .....	13
Tabla 2 <i>Confiabilidad de los datos - CTQ</i> .....	15
Tabla 3 <i>Plan de recolección de datos -TBL</i> .....	17
Tabla 4 <i>Confiabilidad de los datos - TBL</i> .....	18
Tabla 5 <i>Matriz de ponderación de causas</i> .....	24
Tabla 6 <i>Plan de verificación de causas principales</i> .....	26
Tabla 7 <i>Metodología de los 5 por qué</i> .....	29
Tabla 8 <i>Matriz de soluciones a la causa raíz</i> .....	31
Tabla 9 <i>Análisis de costos</i> .....	35
Tabla 10 <i>Definición de parámetros</i> .....	38
Tabla 11 <i>Análisis de valor agregado</i> .....	41
Tabla 12 <i>Análisis de valor agregado</i> .....	43
Tabla 13 <i>Plan de implementación de las mejoras</i> .....	44
Tabla 14 <i>Medición del nivel de satisfacción antes de la mejora</i> .....	51
Tabla 15 <i>Medición del nivel de satisfacción después de la mejora</i> .....	52
Tabla 16 <i>Análisis de las horas extras</i> .....	53
Tabla 17 <i>Análisis comparativo del antes y después de los gastos por horas extras</i> .....	54
Tabla 18 <i>Plan de control de las soluciones</i> .....	57
Tabla 19 <i>Checklist operativo de control de las actividades estándar.</i> .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Porcentaje de cumplimiento de apertura de cajas por día</i> .....	10
Figura 2	<i>Árbol de necesidades críticas para la calidad</i> .....	11
Figura 3	<i>Resumen estadístico de la variable Y</i> .....	19
Figura 4	<i>Análisis de capacidad de la variable Y</i> .....	20
Figura 5	<i>Lluvia de ideas</i> .....	21
Figura 6	<i>Diagrama de Ishikawa</i> .....	22
Figura 7	<i>Diagrama de Pareto de las causas</i> .....	25
Figura 8	<i>Verificación de causas - Tiempo de inactividad</i> .....	27
Figura 9	<i>Tiempo de reposición de cajas</i> .....	27
Figura 10	<i>Verificación de causas - Tamaño del equipo</i> .....	28
Figura 11	<i>Matriz impacto-esfuerzo de las soluciones</i> .....	37
Figura 12	<i>Situación anterior vs situación después de la mejora</i> .....	39
Figura 13	<i>Análisis estadístico de la variable Y actual</i> .....	46
Figura 14	<i>Análisis estadístico de la variable Y propuesta</i> .....	47
Figura 15	<i>Análisis de capacidad de la variable Y inicial</i> .....	48
Figura 16	<i>Análisis de capacidad de la variable Y mejorada</i> .....	49
Figura 17	<i>Diferencia de medias</i> .....	50
Figura 18	<i>Análisis estadístico de las cajas recicladas antes de la mejora</i> .....	55
Figura 19	<i>Análisis estadístico de las cajas recicladas después de la mejora</i> .....	56
Figura 20	<i>Estandarización visual del stock mínimo</i> .....	58

**Abreviaturas**

CTQ	Critical to Quality
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
KPI	Key Performance Indicator
VOC	Voice Of Customer

# Capítulo 1

## 1.1 Introducción

En el contexto actual de la industria manufacturera, las empresas dedicadas al ensamblaje de motocicletas enfrentan el desafío constante de mantener altos niveles de productividad, eficiencia operativa y calidad en sus procesos. La optimización del flujo de materiales, la correcta preparación de partes y el cumplimiento de los planes operativos constituyen factores determinantes para garantizar la continuidad del proceso productivo y la satisfacción de la demanda del mercado.

Dentro de este escenario, el área de preparación de partes cumple un rol fundamental al asegurar el abastecimiento oportuno y correcto de los componentes necesarios para el ensamblaje de las unidades. Una de las actividades críticas de esta área es la apertura programada de cajas, ya que permite la clasificación adecuada de los materiales, su correcta distribución y la reposición eficiente hacia las líneas de producción. No obstante, cuando esta actividad no se ejecuta conforme a lo planificado, se generan retrasos, errores de clasificación, reprocesos y afectaciones directas en la productividad.

En la empresa objeto de estudio, se ha identificado que el cumplimiento del plan programado de apertura de cajas presenta un nivel promedio del 77%, valor que evidencia una brecha significativa frente al estándar requerido para asegurar un desempeño operativo estable.

Ante esta problemática, surge la necesidad de analizar de manera estructurada el proceso de apertura de cajas, identificar las causas que originan el bajo nivel de cumplimiento y proponer acciones de mejora que permitan fortalecer el control operativo y asegurar la estabilidad del abastecimiento. Para ello, la presente investigación adopta la metodología DMAIC como herramienta principal para abordar el problema desde la definición hasta el control de las mejoras implementadas, garantizando decisiones basadas en datos reales y soluciones sostenibles en el tiempo.

## 1.2 Descripción del Problema

En el área de preparación de partes de la empresa dedicada al ensamblaje de motocicletas, la apertura de cajas constituye una actividad fundamental para garantizar la disponibilidad, clasificación y abastecimiento oportuno de los componentes necesarios en cada estación de trabajo. No obstante, se ha identificado que el nivel de cumplimiento del plan programado de apertura de cajas alcanza únicamente un 77% en promedio, valor que se encuentra por debajo del estándar esperado para asegurar un flujo eficiente dentro de la operación.

Este bajo nivel de cumplimiento está generando una serie de ineficiencias operativas, entre ellas retrasos en la preparación de materiales, errores en la clasificación de componentes y dificultades en la reposición oportuna de inventario hacia las líneas de ensamblaje. Como consecuencia, se producen interrupciones en el ritmo de trabajo, incrementos en los tiempos de espera y la necesidad de realizar ajustes no planificados para compensar la falta de materiales disponibles en el momento requerido.

La acumulación de estas desviaciones impacta negativamente en la continuidad del proceso de ensamblaje, compromete el cumplimiento de los tiempos estándar y afecta indicadores clave del área, como la productividad y la confiabilidad del abastecimiento. Asimismo, la falta de adherencia al plan programado puede originar retrabajos, uso ineficiente de recursos y una mayor carga operativa para el personal encargado de la preparación y distribución de partes.

En resumen, el problema central radica en que el actual nivel de cumplimiento del programa de apertura de cajas no garantiza un abastecimiento ordenado, preciso y oportuno, lo que evidencia la necesidad de analizar las causas que originan este desempeño y proponer mejoras que permitan asegurar la eficiencia del proceso y la estabilidad operativa de la planta.

### 1.3 Justificación del Problema

La empresa dedicada al ensamblaje de motocicletas mantiene procesos de control destinados a garantizar la conformidad de cada unidad antes de su liberación. Dentro de estos mecanismos, el indicador de apertura de la caja constituye una herramienta fundamental para asegurar la trazabilidad de las inspecciones, el registro adecuado de no conformidades y la correcta aplicación de los procedimientos de calidad.

Sin embargo, el nivel actual de cumplimiento del indicador evidencia inconsistencias en el registro, aperturas incompletas o tardías, y variabilidad en la aplicación del estándar entre los diferentes puestos de trabajo. Esta situación limita la capacidad de la empresa para detectar oportunamente desviaciones, dificulta la retroalimentación hacia los operadores y afecta la confiabilidad del sistema de gestión de calidad.

El impacto del problema no solo se refleja en la disminución del control operativo, sino también en riesgos asociados a la entrega de productos con posibles defectos, retrabajos, incremento de costos, y pérdida de eficiencia de la línea. Además, un indicador débil restringe la toma de decisiones basada en datos y compromete la mejora continua del proceso de ensamblaje.

Por ello, resulta necesario analizar de manera integral las causas que obstaculizan el cumplimiento del indicador y proponer un plan de mejora que permita incrementar la apertura eficiente de cajas, estandarizar el registro, fortalecer la cultura de calidad y garantizar la fiabilidad del producto final. La investigación aportará beneficios tanto operativos como estratégicos, alineándose con los objetivos de la empresa en términos de productividad, seguridad del producto y excelencia operacional.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general***

Incrementar la tasa de cumplimiento del plan diario de apertura de cajas, asegurando que al menos el 82% de las aperturas se realicen en el tiempo programado, mediante una mejor utilización de los recursos internos (personal, herramientas y espacio), alcanzando esta meta en un plazo de cuatro meses.

### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- Definir los indicadores clave de desempeño (KPI's) del proceso de apertura de cajas que permitan caracterizar su eficiencia y estabilidad.
- Medir el desempeño actual del proceso de apertura de cajas mediante los indicadores definidos, con el fin de evaluar su eficiencia y estabilidad.
- Identificar y validar las causas raíz que afectan el cumplimiento del proceso de apertura de cajas, utilizando herramientas de análisis de datos y análisis de causa raíz.
- Diseñar e implementar mejoras para reducir retrasos y optimizar la eficiencia del flujo de materiales.
- Evaluar y controlar el impacto de las mejoras implementadas en el cumplimiento de la apertura de cajas y en el desempeño del proceso, asegurando su sostenibilidad en el tiempo.

## **1.5 Marco teórico**

En esta sección se desarrolla los conceptos fundamentales que permiten comprender el proceso de apertura de cajas en una planta de ensamblaje, así como las metodologías y herramientas utilizadas para identificar, medir y mejorar las principales causas que afectan el cumplimiento del plan diario. A continuación, se describen los

fundamentos de lean six sigma, gestión de inventarios, ingeniería de métodos y herramientas de mejora continua que sustentan este estudio.

DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) es una metodología de mejora continua utilizada en Six Sigma que ayuda a resolver problemas y optimizar procesos de manera estructurada. Primero, en la fase de Definir se identifica claramente el problema, el objetivo y lo que se espera mejorar. En Medir, se recopila información del proceso para conocer su situación real. En la fase de Analizar se revisan los datos y se buscan las causas principales del problema. Con esos resultados, en la fase de Mejorar se plantean y aplican soluciones para corregir o eliminar las causas encontradas. Finalmente, en Controlar, se establecen planes de acción de seguimiento para asegurar que las mejoras se mantengan y que el proceso siga funcionando correctamente en el tiempo. (Nguyen & Nguyen, 2025)

En la fase de definición, se utiliza la herramienta CTQ-tree es una herramienta de la metodología Six Sigma que permite traducir las necesidades del cliente en características críticas de calidad que el proceso debe cumplir para alcanzar el nivel de desempeño esperado. Esta herramienta define los requerimientos generales en elementos más específicos y medibles, facilitando el enfoque en las variables que realmente impactan la calidad del proceso. (Wei, Zhen, & Wenmeng, 2019)

En la etapa de análisis se encuentra el término capacidad del proceso, el cual es un indicador estadístico que evalúa qué tan consistentemente un proceso puede cumplir con los límites de especificación establecidos por el cliente o por los requerimientos internos de la organización. Para analizarla se utilizan principalmente los índices Cp y Cpk. El índice Cp mide la variabilidad natural del proceso en relación con el rango de especificación; un Cp alto indica que el proceso tiene suficiente capacidad potencial para cumplir los requisitos si estuviera centrado. Por su parte, el índice Cpk evalúa tanto la

variabilidad como la posición del proceso dentro de los límites, mostrando qué tan alineado se encuentra respecto al objetivo. Un Cpk bajo implica que el proceso, aunque podría tener buena variabilidad, no está centrado y tiende a incumplir las especificaciones. (Yalçın & Kaya, 2022)

En este trabajo se presentan los sistemas Push y Pull que representan dos enfoques fundamentales para la gestión del flujo de materiales dentro de un proceso productivo. El sistema Push opera mediante la programación previa y el envío de materiales hacia las estaciones de trabajo en función de un plan centralizado. Aunque permite planificar grandes volúmenes y mantener un control general de la producción, tiende a generar acumulación de inventario, cuellos de botella y tiempos de espera elevados cuando existe variabilidad. En contraste, el sistema Pull se basa en el consumo real de cada estación, de manera que los materiales se reponen únicamente cuando se necesitan, utilizando señales visuales, como el Kanban, para activar la reposición. En procesos como la apertura de cajas en, la transición de un sistema Push a un sistema Pull permite eliminar la dependencia entre estaciones, reducir los retrasos de reposición y asegurar que cada mesa cuente con materiales disponibles al ritmo necesario, contribuyendo directamente al aumento del cumplimiento del plan diario y a la estabilidad del flujo de trabajo. (Vargas-Sánchez, Jiménez-García, Toro-Galvis, & Rodríguez-García, 2023)

Finalmente, esta sección establece, por tanto, los elementos necesarios para interpretar el problema de manera integral y fundamenta la aplicación de la metodología DMAIC como la estrategia más adecuada para abordar el problema.

## **Capítulo 2**

## **2.1 Metodología.**

La metodología utilizada en el presente proyecto es DMAIC, una herramienta estructurada de mejora continua que permite analizar, optimizar y controlar procesos productivos mediante un enfoque basado en datos. Su aplicación se orienta a mejorar el cumplimiento del plan programado de apertura de cajas en el área de preparación de partes de una empresa dedicada al ensamblaje de motocicletas, debido a que este indicador presenta un nivel promedio de cumplimiento del 77%, generando retrasos, errores de clasificación y problemas de reposición de materiales.

### **2.1.1. Definición**

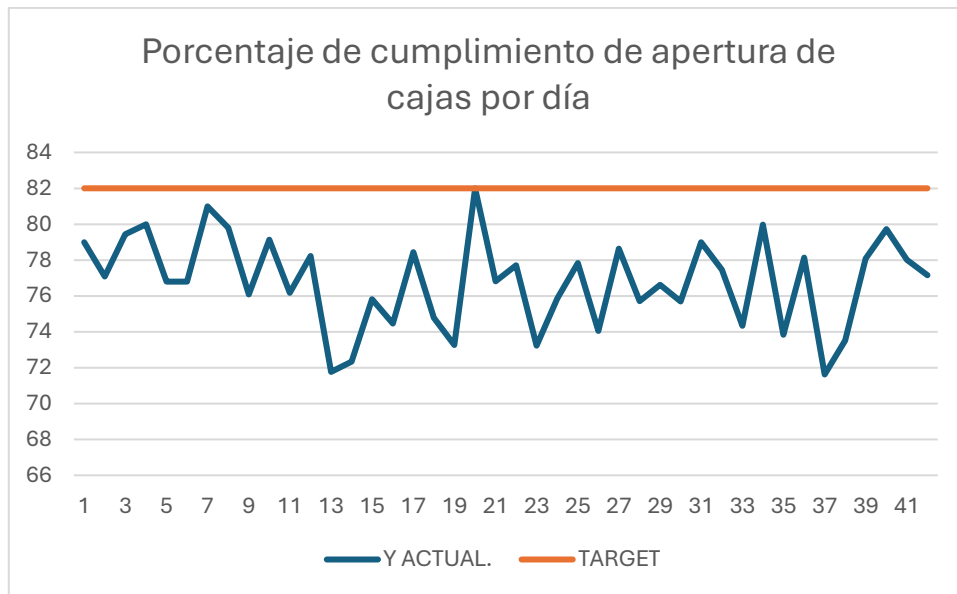
En la fase de definición se estableció con claridad el problema, el alcance del proyecto y los objetivos de mejora, enfocando el estudio exclusivamente en el proceso de apertura de cajas.

Mediante reuniones con el jefe de producción, entrevistas al personal operativo y observaciones directas, se identificó que el área presentaba un 77% de cumplimiento promedio del plan de apertura de cajas, generando retrasos, errores de clasificación y problemas de reabastecimiento hacia la línea de ensamblaje.

Con el objetivo de caracterizar el desempeño inicial del proceso, se elaboró una serie de tiempo, Figura 1, del porcentaje de cumplimiento diario de apertura de cajas, comparando el desempeño real del proceso (Y actual) frente al objetivo establecido del 82 %.

**Figura 1**

*Porcentaje de cumplimiento de apertura de cajas por día*

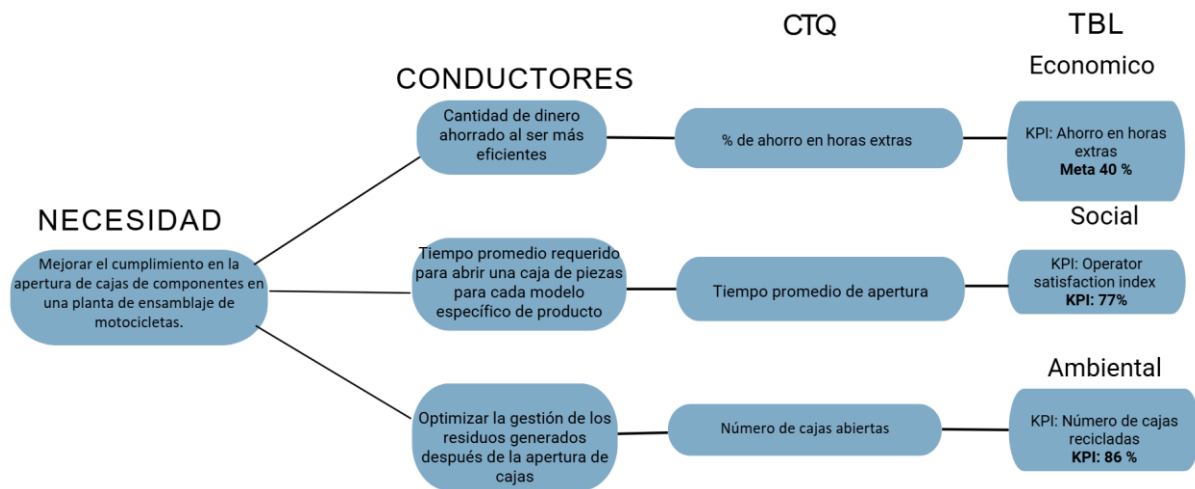


La Figura 1 evidencia que, durante el período analizado, el proceso no logra cumplir de forma sostenida con el objetivo de producción, ya que la mayoría de los puntos se mantienen por debajo de la línea de meta. Si bien existen días con desempeños cercanos al objetivo, estos no se mantienen en el tiempo, lo que refleja un proceso inestable y reactivo.

Para estructurar adecuadamente las necesidades del cliente interno, se empleó la herramienta CTQ Tree, que permitió traducir los requerimientos operativos en características críticas de calidad, Figura 2.

**Figura 2**

*Árbol de necesidades críticas para la calidad*



La Figura 2 presenta la descomposición estructurada de la necesidad del negocio permitiendo traducir una situación general en variables medibles y controlables.

En primer lugar, se identificó como conductor la eficiencia en el uso de los recursos económicos, entendida como la capacidad del proceso para cumplir los objetivos de producción sin incurrir en costos adicionales. Este conductor se refleja en el CTQ “% de ahorro en horas extras”, el cual permite cuantificar el impacto económico derivado de un mejor desempeño del proceso de apertura de cajas.

Como segundo conductor se definió el desempeño operativo del proceso, asociado al tiempo requerido para realizar la apertura de cajas para cada modelo de producto. Este conductor se traduce en el CTQ “tiempo medio de apertura”, variable crítica que influye directamente en la capacidad diaria de producción y en el cumplimiento del objetivo de cajas abiertas.

Finalmente, se identificó el conductor relacionado con la gestión del flujo de materiales, específicamente el manejo de los residuos generados durante la apertura de cajas. Este conductor se operacionaliza mediante el CTQ “número de cajas abiertas”, el

cual permite evaluar indirectamente la eficiencia del proceso y su impacto en la gestión posterior de los materiales.

### **2.1.2. Medir**

Una vez identificados los drivers clave del proceso y sus CTQ's asociados, se estableció la base para la fase Medir, cuyo objetivo fue cuantificar el desempeño real del proceso de apertura de cajas y validar la magnitud del problema identificado. Para ello, se definieron indicadores específicos alineados a cada CTQ, permitiendo evaluar el comportamiento actual del proceso de manera objetiva y sustentada en datos.

En esta fase se recopiló información histórica y se realizó la medición directa del desempeño del proceso, considerando variables como el total de horas trabajadas, número de cajas abiertas, porcentaje de cumplimiento de con la apertura programada, objetivo del número de caja abiertas, el tiempo promedio de apertura y tiempo para reabastecer cajas, evidenciadas en la Tabla 1. Estas mediciones permitieron establecer la línea base del proceso, identificar brechas frente al objetivo y analizar la variabilidad existente antes de la implementación de mejoras.

**Tabla 1***Plan de recolección de datos -CTQ*

Y	Variable	Tipo de Datos	Método de Medición	Estratificación	Definiciones Operacionales	Medición Responsable	Frecuencia de Muestreo	Esquema de Muestreo	Criterios de Muestra Significativa	Período de Recolección	Uso Futuro de los Datos
% de cumplimiento con la apertura de cajas programada	Total, de horas trabajadas	Numérico / Continuo	RR.HH. / Sistema de reloj (entrada/salida)	Por Modelo de Línea de Producción	Horas totales trabajadas por los miembros del equipo asignados al área durante un turno específico	RR. HH	Turno	Datos históricos	1 mes (24 días) - Datos históricos	Históricos	Cantidad de horas disponibles para las aperturas de cajas.
	Número de cajas abiertas	Numérico/ Discreto	Registros de la zona de producción	Por Modelo de Línea de Producción	Número total de cajas abiertas por el equipo de preparación durante un día o turno específico	Almacén	Turno	Datos históricos	1 mes (24 días) - Datos históricos	Históricos	Número de cajas abiertas y servidas como base para evaluar la mejora en el proceso de apertura.

Tiempo para reabastecer cajas (minutos)	Numérico / Continuo	Cronómetro	N/A	Tiempo que le toma al montacargas reabastecer las cajas en una de las áreas de trabajo.	Mario Vasquez & Jorge Namó	Turno	Muestreo aleatorio	30 mediciones de muestra	20/10/2025 – 14/11/2025	Analizar los tiempos de reabastecimiento del montacargas para cada área de trabajo.
Tiempo para desempacar cajas (minutos)	Numérico / Continuo	Cronómetro	Por Modelo de Línea de Producción	Tiempo promedio, en minutos, que le toma a un equipo abrir una caja de un modelo específico.	Mario Vasquez & Jorge Namó	Turno	Muestreo aleatorio	30 mediciones de muestra	20/10/2025 – 14/11/2025	Analizar el tiempo de desempaque de cajas durante el proceso de apertura.
Objetivo de número de cajas abierta	Numérico / Discreto	Registros de planificación de producción	Por Modelo de Línea de Producción	Número de cajas que deberían abrirse durante un turno de trabajo.	Almacén	Turno	Datos históricos	1 mes (24 días) - Datos históricos	Históricos	Cantidad de cajas necesarias para cumplir el objetivo
% de cumplimiento con la apertura programada de la caja.	Numérico / Discreto	RR.HH. / Sistema de reloj (entrada/salida)	Por Modelo de Línea de Producción	Número total de operadores asignados al área de preparación durante un turno específico	RR.HH.	Turno	Datos históricos	1 mes (24 días) - Datos históricos	Históricos	Análisis de personal disponible vs el cumplimiento con el objetivo de apertura.

Como se muestra en la Tabla 2, la validación de los datos se realizó mediante la comparación de registros entre diferentes áreas. Las variables de horas trabajadas y tamaño del equipo fueron comparadas con los registros del equipo de producción y del área de recursos humanos. El número de cajas abiertas se contrastó utilizando los registros del supervisor de producción y las cantidades reportadas por los supervisores de materia prima. Asimismo, el porcentaje de cumplimiento de la apertura de cajas fue verificado mediante la comparación entre los registros del supervisor de producción y la información recibida por el área siguiente del proceso, obteniéndose una confiabilidad de los datos del 100 %. Por su parte, los tiempos operativos fueron validados mediante un muestreo de 30 observaciones, sin evidenciarse diferencias estadísticamente significativas. Los porcentajes de error obtenidos (4 % y 6 %) confirman que la información es confiable y adecuada para el análisis del proceso.

**Tabla 2**

*Confiabilidad de los datos - CTQ*

	Número total de horas trabajadas por línea de modelos por turno	Número de cajas abiertas por línea de modelos por turno	Tamaño del equipo por línea de modelos por turno	% de cumplimiento con la apertura programada de la caja.	Tiempo para desempacar cajas (minutos) por línea de modelos por turno	Tiempo para reabastecer cajas (minutos) por línea de modelos por turno
<b>Tamaño de muestra</b>	90	90	90	60	30	30
<b>Nivel de confianza</b>	100%	100%	100%	100%	95%	95%
<b>Error</b>	0%	0%	0%	0%	4%	6%
<b>Promedio</b>	11 Horas	334 Cajas	12 operadores	76.79	12 minutos	2.3 minutos
<b>Desviación estándar</b>	1.1	40.1	1	2.54	0.37	0.58

Adicional al enfoque CTQ, se integró un plan de medición basado en el modelo Triple Bottom Line (TBL), Tabla 3, que considera el impacto del proceso desde tres dimensiones: económica, social y ambiental. Este enfoque permitió evaluar el desempeño del área de apertura de cajas de forma más integral, considerando no solo productividad, sino también bienestar del personal y sostenibilidad.

**Tabla 3***Plan de recolección de datos -TBL*

<b>Y</b>	<b>Variable</b>	<b>Tipo de Dato</b>	<b>Método de Medición</b>	<b>Estratificación</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Responsable Medición</b>	<b>Frecuencia de Muestreo</b>	<b>Esquema de Muestreo</b>	<b>Criterio de Muestra Significativa</b>	<b>Periodo de Recolección</b>	<b>Uso Futuro de los Datos</b>
<b>% de horas extras</b>	Total de horas extras	Numérico / Continuo	RRHH / Sistema de marcación	Por modelo	Total de horas extra trabajadas por todos los miembros del equipo.	RRHH	Por turno	Datos históricos	1 mes = (24 días) Datos históricos	Datos históricos	Permite estimar ahorro en horas extras
<b>Índice de satisfacción del operador</b>	Índice de satisfacción	Numérico / Continuo	Encuesta	Por trabajador	Promedio del puntaje de la encuesta de satisfacción aplicada a los operadores	RRHH	Por turno	Muestreo aleatorio	Medición de 30 muestras	17/10/2025 – 20/11/2025	Monitorear la satisfacción del personal y lograr evitar pérdidas de productividad.
<b>Número de cajas recicladas</b>	Número de cajas recicladas	Numérico / Continuo	Muestreo	Por día	Cantidad de cajas recicladas / Cajas generadas.	Mario Vásquez & Jorge Ñamo	Por turno	Muestreo aleatorio	Medición de 30 muestras	17/10/2025 – 20/11/2025	Permite analizar la cantidad de cajas que pueden reciclarse para otra aplicación.

Como se observa en la Tabla 4, las variables fueron validadas mediante distintas fuentes de información según su naturaleza. El total de horas extras fue contrastado entre registros de recursos humanos y el equipo seguridad, obteniendo datos 100 % confiables a partir de una muestra de 60 registros. El índice de satisfacción se obtuvo a partir de encuestas aplicadas directamente a los trabajadores del área de producción, diseñadas y levantadas por el equipo. La recolección de datos se realizó de manera estandarizada, bajo los mismos criterios y en un período definido, garantizando la uniformidad y la comprensión de las preguntas por parte de los encuestados. Al tratarse de información primaria obtenida de la fuente directa, los resultados se consideran confiables y representativos de la percepción actual de los trabajadores. Mientras que el número de cajas recicladas se validó mediante los registros que enviaron a reciclar el equipo de producción y los registros del coordinador de servicios de servicios generales, garantizando la trazabilidad y confiabilidad de la información.

**Tabla 4**

*Confiabilidad de los datos - TBL*

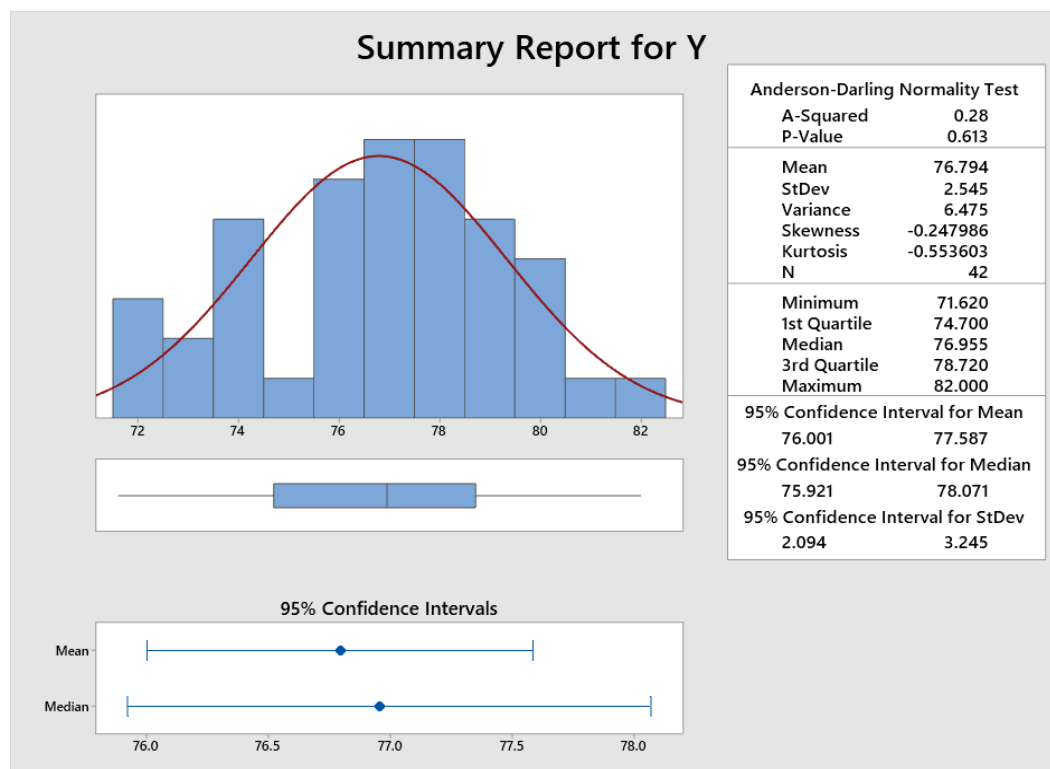
	<b>Horas extra por modelo en cada turno</b>	<b>Índice satisfacción operador trabajador</b>	<b>de del por</b>	<b>Número de cajas recicladas por día</b>
<b>Tamaño de muestra</b>	60	12		30
<b>Nivel de confianza</b>	100%	Fuente primaria directa		100%
<b>Error</b>	0%	No aplica		0%
<b>Promedio</b>	3.5 horas	38		20 cajas
<b>Desviación estándar</b>	1.15	0.99		21.50

En la Figura 3, como parte del análisis estadístico de la fase Medir, se evaluó la distribución de la variable Y, correspondiente al porcentaje de cumplimiento del plan de apertura de cajas, con el fin de determinar si los datos seguían un comportamiento normal que permitiera aplicar herramientas estadísticas como el análisis de capacidad del proceso, pruebas de hipótesis y cálculos de correlación.

Para ello, se realizó una prueba de normalidad de Anderson-Darling y los resultados mostraron que la variable Y sigue una distribución normal acorde a su P-Val, como se nota en la Figura 3.

**Figura 3**

*Resumen estadístico de la variable Y*

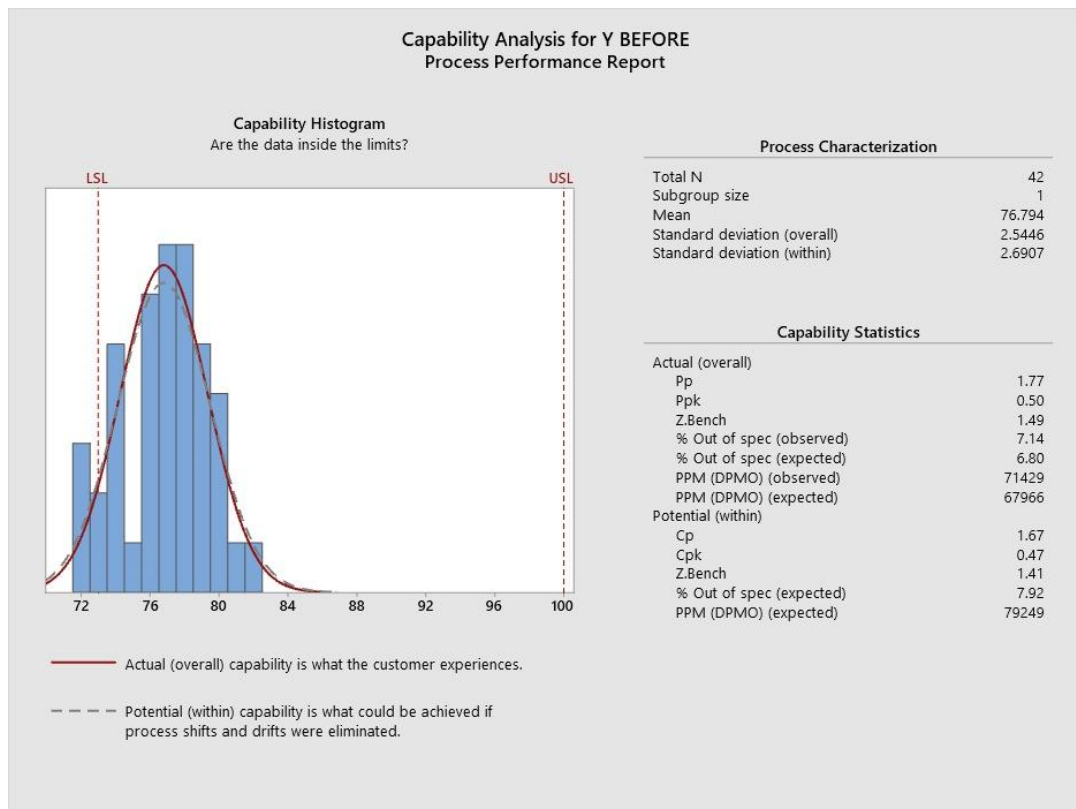


Acorde con el resumen estadístico, Figura 3, la normalidad de los datos indica que la variabilidad observada en el proceso se comporta de manera aleatoria y predecible, sin sesgos extremos que pudieran afectar la interpretación de los indicadores de capacidad o las relaciones entre variables.

Esta verificación permitió continuar con el análisis de capacidad (Cp y Cpk) y con la evaluación de correlaciones entre las variables críticas, asegurando que las conclusiones derivadas del estudio estadístico fueran metodológicamente sólidas y representativas del comportamiento real del proceso, evidenciándose en la Figura 4.

**Figura 4**

*Análisis de capacidad de la variable Y*



El análisis de capacidad del porcentaje de cajas abiertas completadas, Figura 4, muestra que el proceso tiene un rendimiento inferior al esperado. El índice Cp de 1,67 indica que el proceso presenta una variabilidad que podría permitirle cumplir con las especificaciones si estuviera correctamente centrado. Sin embargo, el Cpk de 0,47 revela que el proceso está claramente desalineado con el objetivo, lo que significa que, incluso con una variabilidad aceptable, su posición dentro de los límites es deficiente y genera un alto riesgo de incumplimiento.

### 2.1.3. Análisis

La fase de análisis tuvo como objetivo identificar, validar y comprender las causas raíz que explicaban el bajo cumplimiento del plan diario de apertura de cajas en el área de preparación de partes. Esta etapa se desarrolló mediante el uso de herramientas cualitativas y cuantitativas.

El proceso inició con sesiones de lluvias de ideas, Figura 5, realizadas junto con el jefe de Producción y la participación de operadores del área. Durante estas sesiones se recopiló todas las causas que, según la experiencia operativa, podían estar generando el incumplimiento del plan.

**Figura 5**

*Lluvia de ideas*

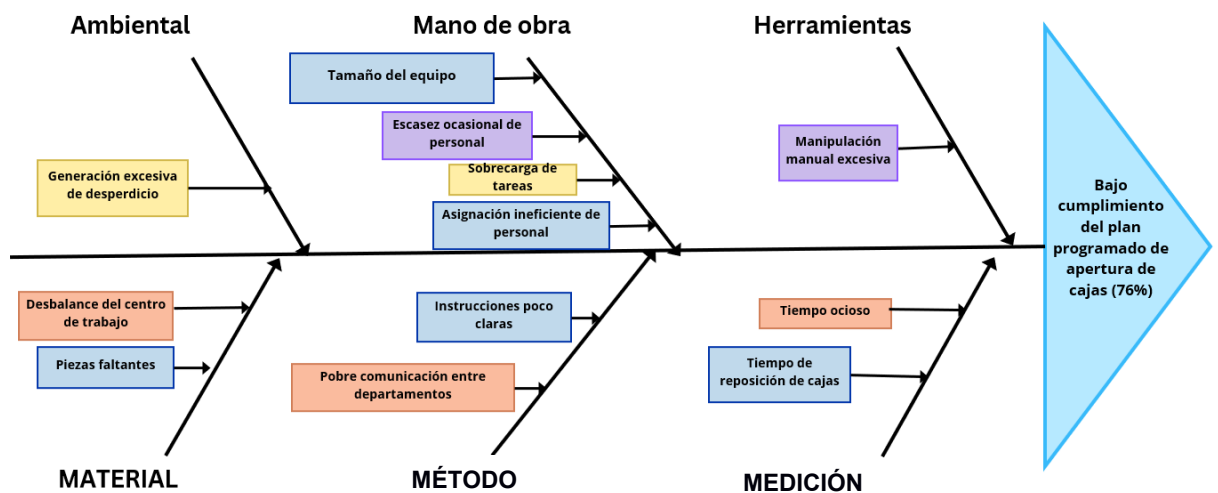


Los problemas y causas iniciales fueron identificados mediante una entrevista y una sesión de lluvia de ideas liderada por el jefe de producción, principal responsable del proceso analizado.

Para analizar las causas desde un enfoque sistémico, se elaboró un Diagrama de Ishikawa, figura 6, clasificando las causas potenciales en seis categorías fundamentales: Método, Mano de Obra, Materiales, Medio Ambiente, Maquinaria y Gestión.

**Figura 6**

*Diagrama de Ishikawa*



El análisis permitió identificar que las causas se concentraban principalmente en tres áreas:

- **Método:** falta de estandarización, dependencia entre mesas, ausencia de stock mínimo.
- **Mano de Obra:** número insuficiente de operadores, variabilidad en la asignación de tareas.
- **Materiales:** retrasos de reposición, faltantes en ciertos modelos, variabilidad en tiempos del montacargas

Para medir el impacto relativo de cada causa potencial, se aplicó una matriz de ponderación con la participación de seis operadores, Tabla 5.



**Tabla 5***Matriz de ponderación de causas*

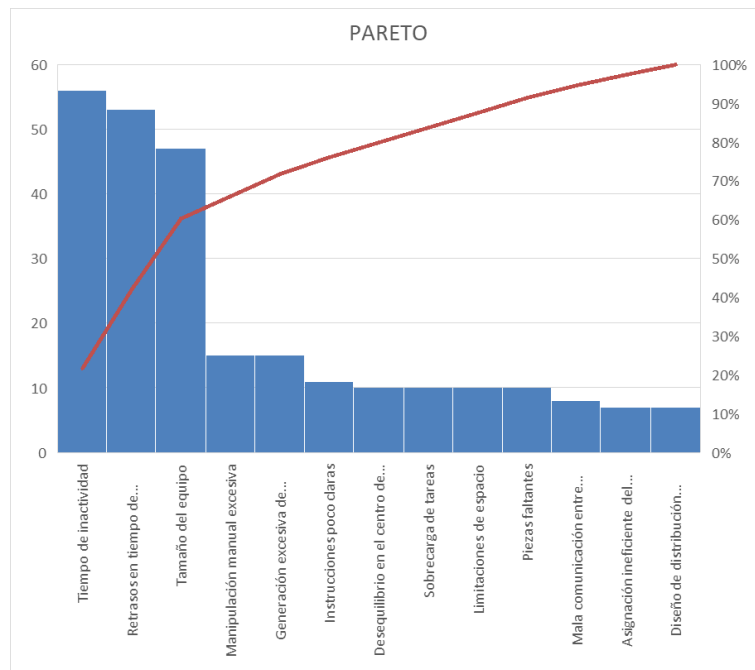
#	Causa	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	Operador 5	Operador 6	TOTAL	% Impacto
1	Tiempo de inactividad	10	8	9	10	10	9	56	22%
2	Retrasos en tiempo de reposición de las cajas	8	9	8	9	9	10	53	20%
3	Tamaño del equipo	7	6	6	8	10	10	47	18%
4	Desequilibrio en el centro de trabajo	2	1	1	2	2	2	10	4%
5	Asignación ineficiente del personal	1	2	1	1	1	1	7	3%
6	Sobrecarga de tareas	3	1	2	1	1	2	10	4%
7	Mala comunicación entre departamentos	2	1	2	1	1	1	8	3%
8	Limitaciones de espacio	1	2	2	3	1	1	10	4%
9	Instrucciones poco claras	2	1	2	2	2	2	11	4%
10	Diseño de distribución ineficiente	2	1	1	1	1	1	7	3%
11	Piezas faltantes	2	3	1	1	1	2	10	4%
12	Manipulación manual excesiva	3	2	2	4	1	3	15	6%
13	Generación excesiva de residuos	3	3	3	1	2	3	15	6%

Los resultados, en la Figura 7, evidenciaron que las tres causas con mayor impacto acumulado fueron:

- Tiempo de inactividad – 22%
- Retrasos en el tiempo de reposición de cajas – 20%
- Tamaño del equipo – 18%

**Figura 7**

*Diagrama de Pareto de las causas*



Estas tres causas representaron más del 70% del impacto total, lo que permitió enfocar los esfuerzos analíticos en las variables realmente críticas.

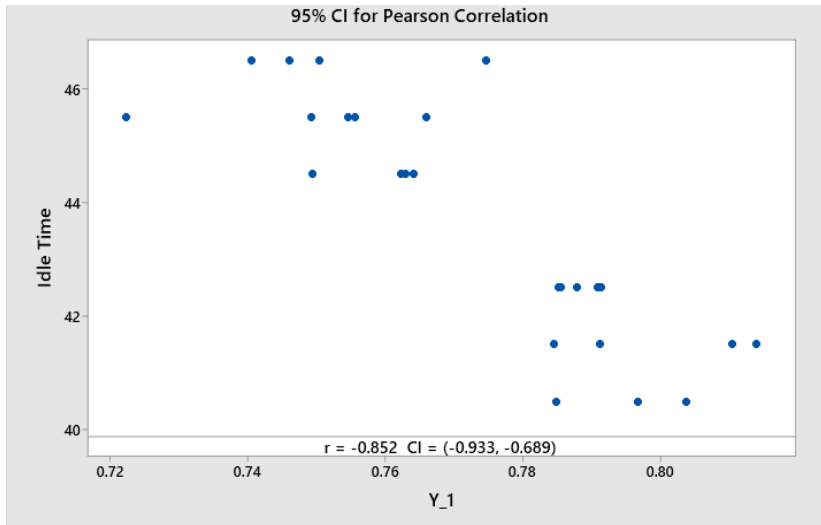
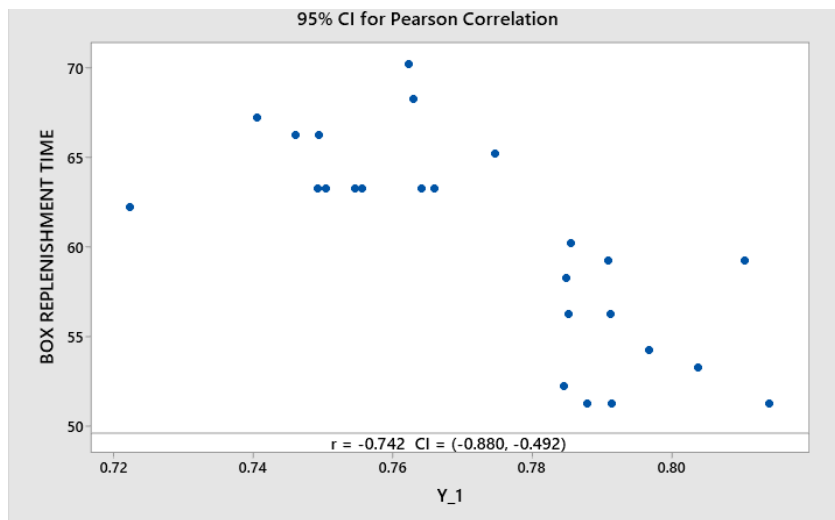
Una vez identificadas las causas principales, se elaboró un plan de verificación, Tabla 6, cuyo objetivo fue demostrar si realmente estas variables tenían una relación estadística con el incumplimiento del plan.

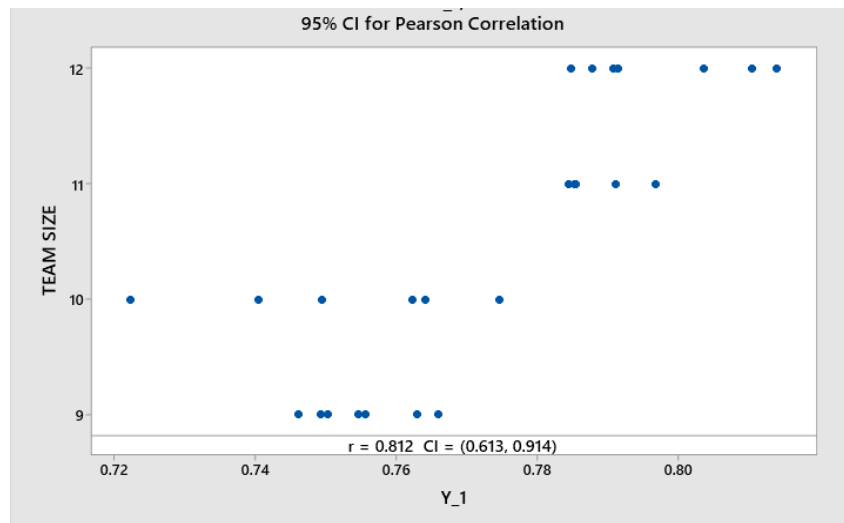
**Tabla 6***Plan de verificación de causas principales*

<b>Causas potenciales</b>	<b>Impacto teórico</b>	<b>Verificación</b>	<b>Estado</b>
<b>Tiempo de inactividad</b>	Si las cajas no llegan a la velocidad necesaria a los puestos de empaque, se acumula tiempo de espera y no se cumple la meta diaria.	Verificar la correlación entre el tiempo de espera y el valor Y (porcentaje de puestos abiertos).	Significativa
<b>Tiempo de reposición del montacargas</b>	Los retrasos en la entrega interrumpen el flujo de preparación, creando cuellos de botella y deteniendo todos los puestos.	Verificar la correlación entre los tiempos de viaje del montacargas (origen–destino) y el valor Y (porcentaje de puestos abiertos).	Significativa
<b>Tamaño del equipo</b>	Si aumenta el número de personal, también debería aumentar la cantidad de puestos de empaque abiertos por turno.	Verificar la correlación entre el incremento de personal y el aumento del porcentaje de puestos abiertos alcanzado.	Significativa

Este plan, Tabla 6, permitió estructurar el análisis y asegurar una validación cuantitativa.

Se aplicaron análisis estadísticos de correlación para confirmar la relación entre cada causa priorizada (Tiempo de inactividad, Tiempo de reposición del montacargas y tamaño del equipo) y el desempeño del proceso, los resultados se evidencian en las siguientes figuras:

**Figura 8***Verificación de causas - Tiempo de inactividad***Figura 9***Tiempo de reposición de cajas*

**Figura 10***Verificación de causas - Tamaño del equipo*

Las Figuras 8, 9 y 10 evidencian relaciones significativas entre los factores operativos y el desempeño del proceso (Y). En la Figura 8, el tiempo de inactividad presenta una correlación negativa muy fuerte con Y ( $r = -0.852$ ), lo que indica que, a mayor tiempo muerto, menor es el cumplimiento del plan. En la Figura 9, el tiempo de reposición del montacargas muestra también una correlación negativa fuerte ( $r = -0.742$ ), confirmando que las demoras en reposición reducen el rendimiento. En contraste, la Figura 10 muestra que el tamaño del equipo se relaciona de forma positiva y fuerte con Y ( $r = 0.812$ ), evidenciando que, a mayor número de operadores, mayor es el porcentaje de cumplimiento.

Estas correlaciones confirmaron que las causas priorizadas sí eran estadísticamente significativas y tenían impacto directo sobre la variable de desempeño.

Las tres causas priorizadas fueron analizadas utilizando la herramienta 5 por qué, Tabla 7, lo que permitió profundizar hasta identificar las causas raíz del problema.

Tabla 7

*Metodología de los 5 por qués*

Preguntas	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5
<b>Pregunta</b>	1. ¿Por qué existe tiempo de inactividad en el proceso?	2. ¿Por qué no tienen cajas en sus puestos de trabajo?	3. ¿Por qué el montacargas se demora tanto?	4. ¿Por qué tiene que esperar a que estén todas las mesas?	
<b>Respuesta</b>	Porque los operadores no tienen cajas para desempacar en sus puestos de trabajo	Porque el montacargas se demora en entregar las cajas.	Porque espera a que todas las mesas terminen de desempacar todos los componentes antes de retomar el flujo.	Porque existen actividades que no agregan valor, por ejemplo: transporte y esperas, limitando la capacidad instalada de las mesas	
<b>Pregunta</b>	1. ¿Por qué se retrasan el tiempo reposición de cajas?	2. ¿Por qué el montacargas llega cuando las mesas están detenidas?	3. ¿Por qué no existe un ritmo estandarizado?	4. ¿Por qué depende del ciclo de las mesas?	5. ¿Por qué no existe una política de reposición continua?
<b>Respuesta</b>	Porque el montacargas llega cuando las mesas ya están detenidas.	Porque no tiene un ritmo de entrega fijo ni estandarizado	Porque el flujo depende de los ciclos de las mesas (rápidas/lentas).	Porque no existe una política de reposición continua o un sistema Kanban.	Porque el proceso carece de un modelo de inventarios estandarizado que defina puntos de reorden basados en el tiempo de reposición del montacargas

---

<b>Pregunta</b>	1. ¿Por qué el tamaño del equipo afecta el cumplimiento?	2. ¿Por qué necesitan más operadores algunas estaciones de trabajo?	3. ¿Por qué hay estaciones de trabajo más rápido que otras?	4. ¿Por qué hay mesas de trabajo que realizan actividades que no agregan valor?
<b>Respuesta</b>	Porque hay estacones de trabajo que necesitan más operadores para abrir las cajas	Porque hay estaciones de trabajo más rápidas que otras	Porque hay mesas de trabajo que realizan actividades que no agregan valor	Porque no se ha realizado un estudio de actividad para definir claramente las funciones de cada operador.

---

### 2.1.4. Mejora

En esta fase se diseñaron soluciones para abordar las causas raíz verificadas. Como resultado de este análisis, se definieron seis soluciones (S1–S6) orientadas a atacar dichas causas raíz desde un enfoque preventivo y de mejora del flujo de materiales.

Las soluciones propuestas en la Tabla 8 buscan estandarizar los niveles de inventario, optimizar el abastecimiento a las estaciones de trabajo y clarificar la asignación de funciones del personal, con el objetivo de reducir tiempos muertos, mejorar la eficiencia operativa y garantizar un flujo de trabajo más estable y controlado.

**Tabla 8**

*Matriz de soluciones a la causa raíz*

Causa	Causa Raíz	Soluciones
<b>Tiempo de inactividad durante el proceso</b>	Porque existen actividades que no agregan valor, por ejemplo: transporte y esperas, limitando la capacidad instalada de las mesas	S1: Definir y estandarizar un nivel de stock mínimo en cada estación de trabajo. S2: Implementación de transportadores de rodillos para facilitar el movimiento de cajas hacia los operarios. S3: Implementación de brazos robóticos para abastecer las estaciones de trabajo. S4: Montacargas autónomos para abastecer las estaciones de trabajo. S5: Implementar un sistema de polipastos para el movimiento de cajas.
<b>Tiempo de reposición del montacargas</b>	Porque el proceso carece de un modelo de inventarios estandarizado que defina puntos de reorden basados en el tiempo de reposición del montacargas	
<b>Tamaño del equipo</b>	No se ha realizado un estudio de actividades para definir claramente las funciones de cada operario.	<b>S6:</b> Desarrollar un análisis de actividades para definir y estandarizar las funciones de cada operario.

Las soluciones fueron sometidas a validación parcial, con implementación piloto del 1 al 18 de diciembre, lo que permitió observar impactos preliminares en los tiempos de reposición y el flujo de apertura de cajas.

## **Capítulo 3**

### **3.1 Resultados y análisis**

#### **3.1.1 *Análisis de costos***

La Tabla 9 presenta la estimación de costos y tiempos de implementación de las seis soluciones propuestas (S1–S6), definidas para atacar las causas raíz identificadas en el proceso. Para cada alternativa se detallan los costos asociados a infraestructura, mano de obra, capacitación y pruebas, así como el tiempo estimado de implementación y el costo total. Esta información permite comparar la viabilidad económica y operativa de cada solución y sirve como base para la priorización de las mejoras.

**Tabla 9***Análisis de costos*

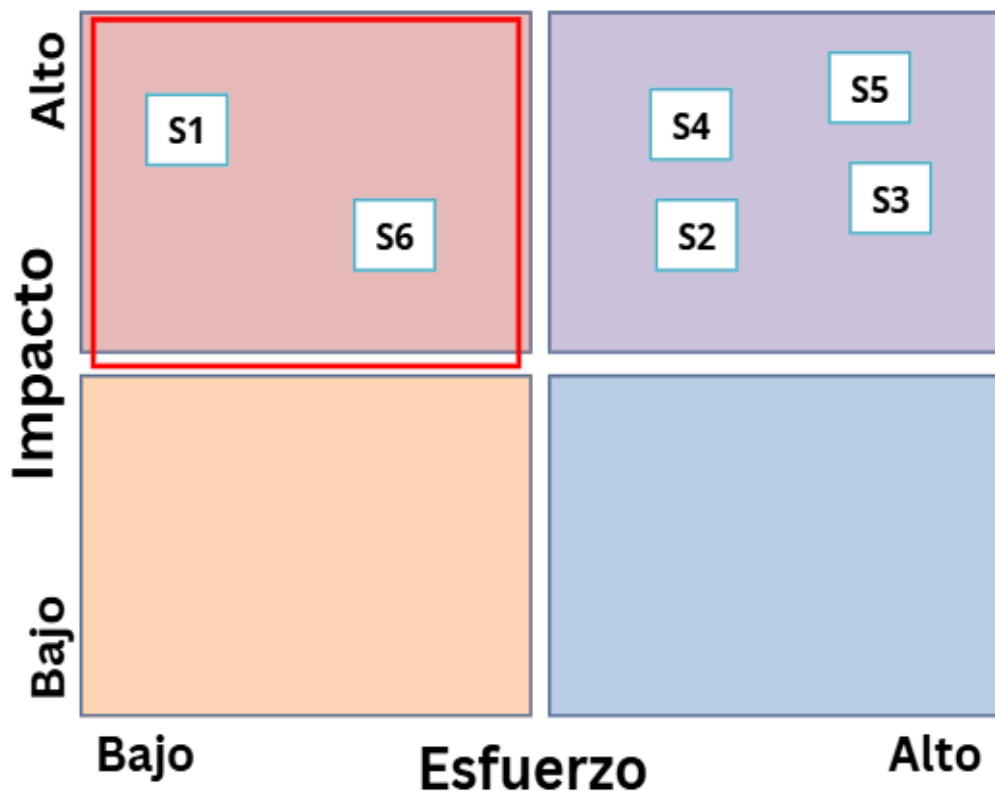
No	Solución	Detalles de Infraestructura	Costo de Infraestructura	Mano de Obra	Costo de Entreno / Pruebas	Tiempo (semana)	Total (\$)
S1	Definir y estandarizar un nivel de stock mínimo en cada estación de trabajo.	Mesa para soportar el stock de seguridad.	\$100	\$-	\$-	1	\$100
S2	Implementación de transportadores de rodillos para facilitar el movimiento de cajas hacia los operarios.	Cinta transportadora y banda, estructura y rodillos, transporte y aduanas.	\$6.000	\$900	\$250	6	\$7.150
S3	Implementación de brazos robóticos para abastecer las estaciones de trabajo.	Brazos robóticos, pinzas, sistema de visión, sensores, programación, impuestos de transporte y aduanas y mantenimiento preventivo.	\$67.500	\$1.000	\$1.500	12	\$70.000
S4	Montacargas autónomos para abastecer las estaciones de trabajo.	Mantenimiento y reparaciones anuales, carga de baterías, software y adaptaciones de montacargas.	\$104.388	\$-	\$5.000	12	\$109.388
S5	Implementar un sistema de polipastos para el movimiento de cajas.	Costos de mano de obra, equipo de polipasto, pruebas y puesta en marcha.	\$2.500	\$700	\$200	3	\$3.400
S6	Desarrollar un análisis de actividades para definir y estandarizar las funciones de cada operario.	N/A	\$-	\$-	0	4	\$-

A partir del análisis económico, Tabla 9, se observa que las soluciones presentan distintos niveles de inversión y complejidad. Las alternativas de bajo costo (S1 y S6) pueden implementarse en el corto plazo y generan mejoras inmediatas en la organización del trabajo y el flujo de materiales. Por otro lado, las soluciones de automatización (S3 y S4) implican una mayor inversión, pero ofrecen un mayor potencial de reducción de tiempos de inactividad y dependencia de la mano de obra a largo plazo.

Con el fin de priorizar las soluciones propuestas, se elaboró una matriz impacto–esfuerzo, Figura 11, en la cual cada alternativa (S1–S6) fue evaluada en función del impacto esperado sobre el desempeño del proceso y el esfuerzo requerido para su implementación, considerando factores como inversión económica, tiempo de implementación y complejidad técnica. Esta herramienta permitió identificar aquellas soluciones que generan mayores beneficios con un menor nivel de esfuerzo, facilitando la toma de decisiones para la implementación de mejoras.

**Figura 11**

*Matriz impacto-esfuerzo de las soluciones*



Como resultado del análisis, las soluciones S1 y S6 se ubican en el cuadrante de alto impacto y bajo esfuerzo, por lo que se consideran acciones prioritarias de rápida implementación. Estas soluciones permiten obtener mejoras significativas en el corto plazo sin requerir una inversión elevada.

Por otro lado, las soluciones S2, S3, S4 y S5 se posicionan en el cuadrante de alto impacto y esfuerzo, lo que indica que, si bien generan beneficios relevantes en la eficiencia del proceso, requieren una mayor inversión, tiempo y recursos para su ejecución. Estas alternativas deben ser evaluadas como proyectos de mediano y largo plazo, considerando su factibilidad económica y estratégica.

### 3.1.2 Solución 1

Con el objetivo de reducir los tiempos de inactividad generados por la falta de materiales en las estaciones de trabajo, se definió y estandarizó un nivel de stock mínimo mediante el uso de la fórmula de stock de seguridad.

La aplicación de la ecuación 3.1, considerando los parámetros definidos en la Tabla 10, determinó que el nivel óptimo de stock mínimo corresponde a una caja por estación de trabajo.

$$SS = Z \times \sqrt{(LT \times \sigma_D^2) + (D^2 \times \sigma_{LT}^2)}$$

$$SS = 1.65 \times \sqrt{0.336 + 0.002641} \quad (3.1)$$

$$SS = 1.002721 \text{ caja}$$

$$SS = 1 \text{ caja por estación de trabajo}$$

**Tabla 10**

*Definición de parámetros*

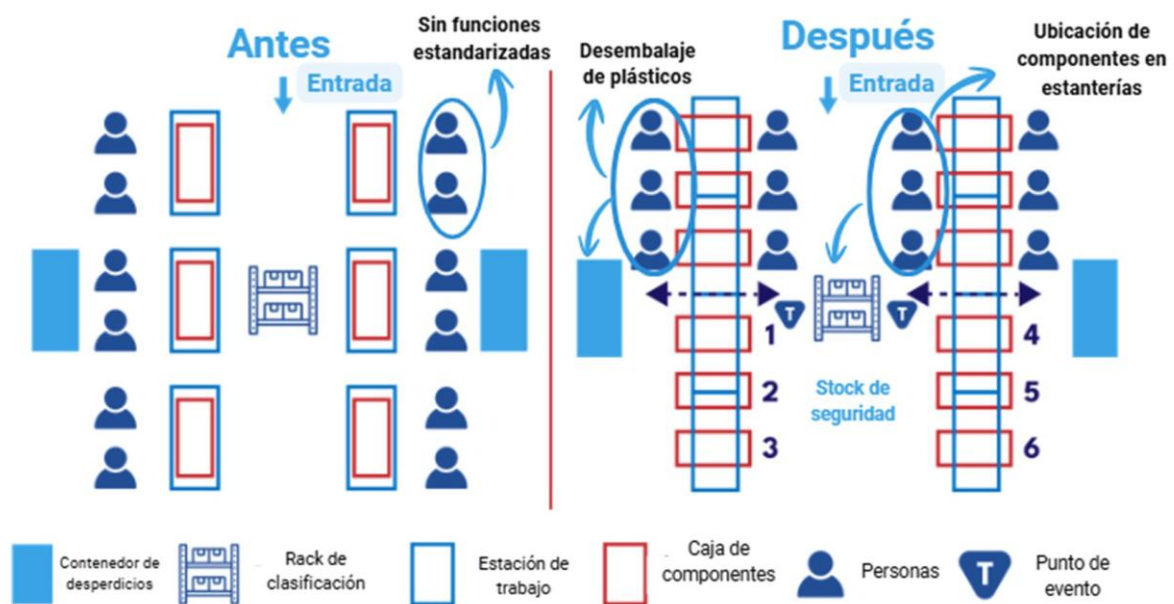
Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Apertura de cajas de utilidad	D	1/9.6	cajas/min
Desviación estándar de apertura de cajas	$\sigma_d$	1/1.94	cajas/min
Tiempo de entrega (Lead Time)	LT	1,38	min
Desviación estándar del tiempo de entrega	$\sigma_{LT}$	0,49	min
Nivel de servicio	Z	1,65	—

Adicionalmente, se presenta un gráfico referencial, Figura 12, que ilustra la situación del proceso antes y después de la implementación del stock de seguridad. En el escenario

inicial, la ausencia de un nivel mínimo definido ocasionaba interrupciones frecuentes del proceso debido a la falta de material en las estaciones. En contraste, el escenario propuesto muestra un flujo más estable, donde el stock de seguridad actúa como un amortiguador frente a la variabilidad, evitando tiempos muertos y mejorando la eficiencia operativa.

**Figura 12**

*Situación anterior vs situación después de la mejora*



### 3.1.3 Solución 6

Con el fin de optimizar el uso del recurso humano y reducir actividades que no agregan valor, se realizó un análisis de valor agregado detallado de las actividades ejecutadas por los operarios durante el proceso de descarga y almacenamiento de componentes, Tabla 11. Para ello, se elaboraron dos tablas de análisis de actividades: la primera correspondiente a la situación actual (sin mejora) y la segunda a la situación propuesta (con mejora), permitiendo comparar el desempeño del proceso antes y después de la estandarización de funciones.

En la situación inicial, el proceso presenta un total de 12,48 minutos, dentro de los cuales se identifican actividades que no agregan valor, principalmente asociadas a tiempos de espera y reprocesos. Destacan las siguientes observaciones:

- El Operador 2 incurre en un tiempo de espera de 0,5 minutos mientras el Operador 1 realiza la apertura de las cajas.
- Se identifica una actividad de retrabajo (recoger el embalaje del suelo), con una duración de 0,5 minutos, originada porque el embalaje cae durante el proceso de desempacado.
- Adicionalmente, se presenta una espera por nuevas cajas de 1,38 minutos, generada por la falta de material disponible en el momento requerido.

Estas actividades no agregan valor incrementan el tiempo total del proceso y evidencian una falta de definición clara de funciones y coordinación entre los operarios.

**Tabla 11***Análisis de valor agregado*

N°	Operador	Símbolo	Actividad	Tiempo promedio (minutos)	¿Agrega valor?	Observaciones
1	Op 1 y Op2	Operación	Descargar caja	1,5	AV*	Se realiza utilizando un montacargas
2	Op 1	Operación	Abrir caja		AV*	
3	Op1	Espera	Espera a que se abran las cajas	0,5	NAVN***	Durante este proceso no se realiza ninguna actividad y ocurre al mismo tiempo que la Actividad 2
4	Op 1 &2	Operación	Desempacar los componentes y plásticos	8,0	AV*	Durante el proceso, el embalaje a menudo cae al suelo.
5	Op 1	Operación	Colocar el chasis en el estante de chasis designado	0,6	AV*	
6	Op 2 y Op 1	Operación	Recoger el embalaje dejado en el suelo.	0,5	NAVN***	Esta actividad ocurre porque durante el proceso de desempaque, el embalaje suele tirarse al suelo, lo que genera este retrabajo.
7	Op 2 y Op 1	Espera	Esperar por nuevas cajas	1,38	NAV**	
<b>TOTAL</b>				<b>12,48</b>		

\* AV = Agrega valor

\*\*NAV = No agrega valor

\*\*NAVN = No agrega valor pero es necesario

En la situación mejorada, Tabla 12, el tiempo total del proceso se reduce a 10,60 minutos, lo que representa una disminución de 1,88 minutos, equivalente aproximadamente a un 15 % de reducción del tiempo total. Esta mejora se logra a través de las siguientes acciones:

- Durante la apertura de cajas, el Operador 2 realiza actividades de limpieza en el área de trabajo, eliminando tiempos muertos y aprovechando el trabajo simultáneo.
- Se elimina el reproceso de recoger el embalaje del suelo al colocar directamente el embalaje en un contenedor, evitando retrabajos y mejorando el orden del área.
- La actividad de espera por nuevas cajas se reduce a cero, considerando la implementación conjunta de la solución de stock de seguridad (Solución 1), asegurando la disponibilidad de material en la estación de trabajo.

De la misma manera, se definió un espacio destinado a la colocación de las cajas abiertas para su posterior reciclaje, asegurando un manejo adecuado y ordenado de los residuos generados.

**Tabla 12***Análisis de valor agregado*

N°	Operador	Símbolo	Actividad	Tiempo promedio (minutos)	¿Agrega valor?	Observaciones
1	Op 1 y Op2	Operación	Descargar caja	1,5	AV*	
2	Op 1	Operación	Abrir caja		AV*	
3	Op2	Operación	Espera a que se abran las cajas	0,5	NAVN*	Realizar actividades de limpieza en el área de trabajo. Se realiza simultáneamente con la Actividad 2.
4	Op 1	Operación	Desempacar los Plásticos	4,0	AV*	Colocar el embalaje directamente en el contenedor para evitar recogerlo del suelo más tarde.
5	Op 1	Operación	Colocar el chasis en el estante de chasis designado	0,6	AV*	
6	Op 2	Operación	Colocar componentes en los estantes	4	AV*	
7	Op 2 y Op 1	Espera	Esperar por nuevas cajas	0	NAV**	La espera no será necesaria si se implementa junto con la solución de stock de seguridad.
<b>TOTAL</b>				<b>10,60</b>		

\* AV = Agrega valor

\*\*NAV = No agrega valor

\*\*NAVN = No agrega valor pero es necesario

### 3.1.4 Plan de implementación

**Tabla 13**

*Plan de implementación de las mejoras*

<b>Causa</b>	<b>Raíz del Problema</b>	<b>Solución</b>	<b>Cuando</b>	<b>Dónde</b>	<b>Quién</b>	<b>¿Por qué?</b>	<b>¿Cómo?</b>	<b>Costo Total</b>
Tiempo de inactividad durante el proceso	Falta de análisis formal sobre la variabilidad de la demanda para respaldar las decisiones de inventario.	Definir y estandarizar un nivel mínimo de stock en cada estación de trabajo.	15/12/2025 - 15/01/2026	Área de Desempaque	Mario y Jorge	Reducirá el tiempo muerto causado por la falta de cajas en las mesas. El reabastecimiento se hará antes de abrir las últimas cajas, sin afectar el flujo.	Se realizará un estudio de stock mínimo para los modelos de motor con mayor rotación.	\$100
Tiempo de reabastecimiento del montacargas	El proceso no fue diseñado bajo un flujo "pull" ni con niveles mínimos definidos.							
Tamaño del equipo	No se ha realizado un estudio de actividades para definir claramente las funciones de cada operador.	Desarrollar un análisis de actividades para definir y estandarizar las funciones de cada operador.	15/12/2026 - 15/01/2026	Área de Desempaque	Mario y Jorge	Garantizará el cumplimiento de los objetivos de producción propuestos.	Analizando las actividades de cada operador para estandarizar sus funciones.	\$0

El plan de implementación, Tabla 13, establece de manera estructurada las acciones necesarias para ejecutar las soluciones priorizadas, definiendo responsables, fechas, áreas de aplicación y costos asociados. Este plan permite asegurar una ejecución ordenada y controlada, minimizando el impacto en la operación diaria.

La implementación de la Solución 1, orientada a la definición y estandarización de un nivel mínimo de stock en cada estación de trabajo, se realizará en el área de desempacado durante el período establecido. Esta acción permitirá reducir el tiempo muerto ocasionado por la falta de material, garantizando la continuidad del proceso sin afectar el flujo productivo.

Por otro lado, la Solución 6, enfocada en el análisis y estandarización de las funciones de cada operario, se implementará de forma paralela en la misma área. Esta solución busca optimizar el uso del recurso humano, eliminando tiempos de espera y actividades que no agregan valor, asegurando el cumplimiento de los objetivos de producción propuestos.

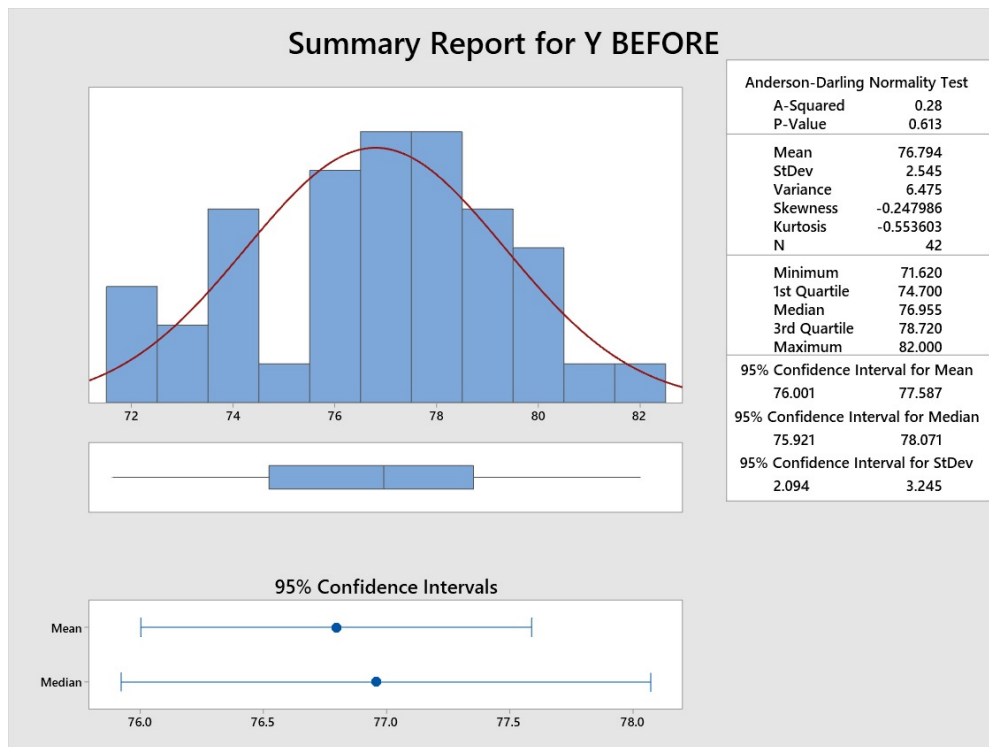
### **3.1.5 *Análisis de resultados***

La variable de respuesta Y, definida como el porcentaje de cumplimiento de cajas abiertas por día respecto al objetivo establecido de 265 cajas, fue analizada antes y después de la implementación de las mejoras propuestas, en la Figura 13.

En la situación inicial, la prueba de normalidad de Anderson-Darling evidenció un p-value de 0,613, indicando que los datos siguen una distribución normal. El proceso presentó un desempeño promedio de 76,79 %, con una mediana de 76,96 %, valores muy cercanos entre sí que reflejan estabilidad, aunque por debajo del objetivo esperado. La desviación estándar de 2,55 evidenció una variabilidad moderada, con margen de mejora. Asimismo, el sesgo fue leve y negativo ( $skewness \approx -0,25$ ), sin presencia de valores atípicos que afectaran el análisis. Los intervalos de confianza al 95 % fueron relativamente estrechos, lo que indica una estimación estadística confiable.

**Figura 13**

*Análisis estadístico de la variable Y actual*

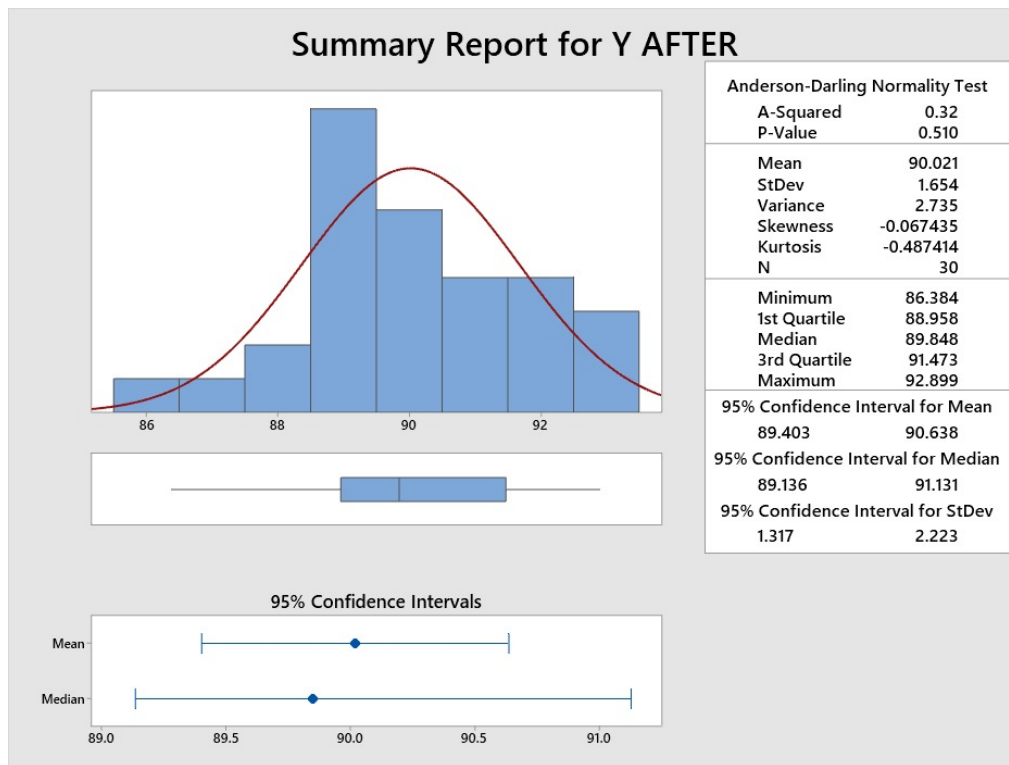


Tras la implementación de las soluciones propuestas, el proceso mostró una mejora significativa en su desempeño, Figura 14. La prueba de Anderson–Darling presentó un *p-value* de 0,51, confirmando nuevamente la normalidad de los datos. El promedio de cumplimiento aumentó a 90.02%, con una mediana de 89,84 %, lo que evidencia un proceso más consistente y cercano al objetivo. Adicionalmente, la desviación estándar se redujo a 1,65, reflejando una menor variabilidad y un mayor control del proceso.

El análisis gráfico, Figura 14, mediante histograma y boxplot no evidenció la presencia de valores atípicos, y el sesgo se mantuvo leve, sin impacto significativo en el comportamiento del proceso. Los intervalos de confianza al 95 % para la media y la mediana resultaron estrechos, confirmando la precisión de las estimaciones.

**Figura 14**

*Análisis estadístico de la variable Y propuesta*



La comparación entre ambos escenarios muestra un incremento del cumplimiento de la variable Y de 77 % a 90 %, lo que representa una mejora aproximada de 14 puntos porcentuales respecto al objetivo diario de 265 cajas. Este resultado demuestra que las acciones implementadas permitieron reducir los tiempos muertos, mejorar la disponibilidad de material y optimizar la asignación de actividades del personal, contribuyendo directamente al aumento del desempeño del proceso.

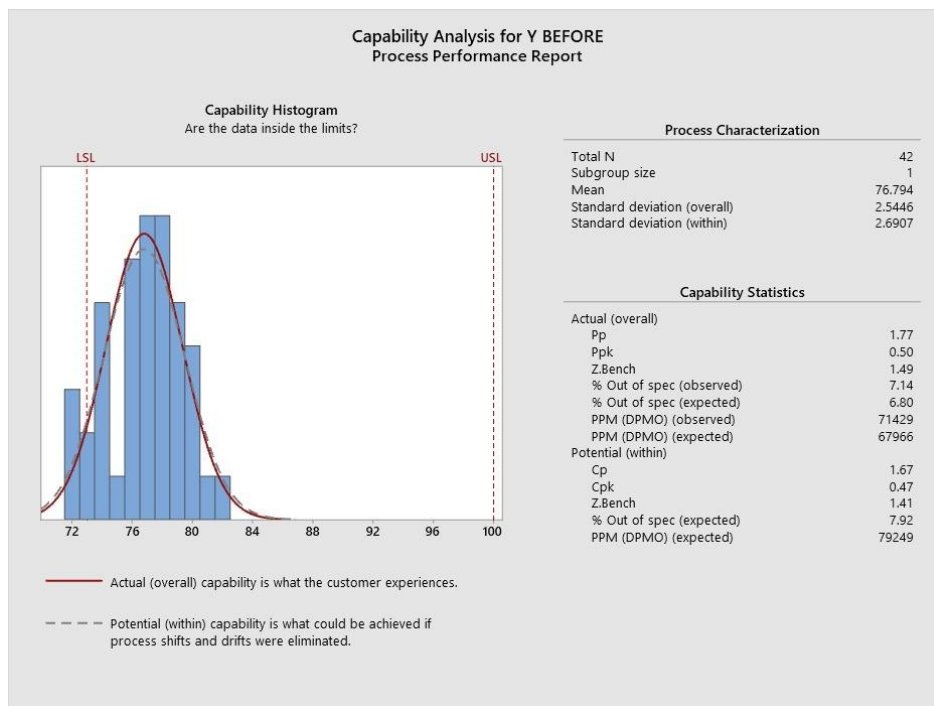
El análisis de capacidad se realizó con el objetivo de evaluar la habilidad del proceso para cumplir de manera consistente con los límites de especificación establecidos para la variable Y, A continuación, se presenta la comparación del comportamiento del proceso antes y después de la implementación de las mejoras.

## Situación mejorada

En la situación inicial, Figura 15, el proceso presenta un descentramiento severo respecto a los límites de especificación (LSL=73 y USL=100), lo que genera un alto riesgo de incumplimiento ante cualquier variación. Aunque la variabilidad es baja ( $C_p = 1,67$ ), el bajo  $C_{pk}$  (0,47) evidencia que el proceso no es capaz de cumplir consistentemente con las especificaciones, ya que su potencial técnico se ve afectado por el descentramiento.

### Figura 15

#### *Análisis de capacidad de la variable Y inicial*



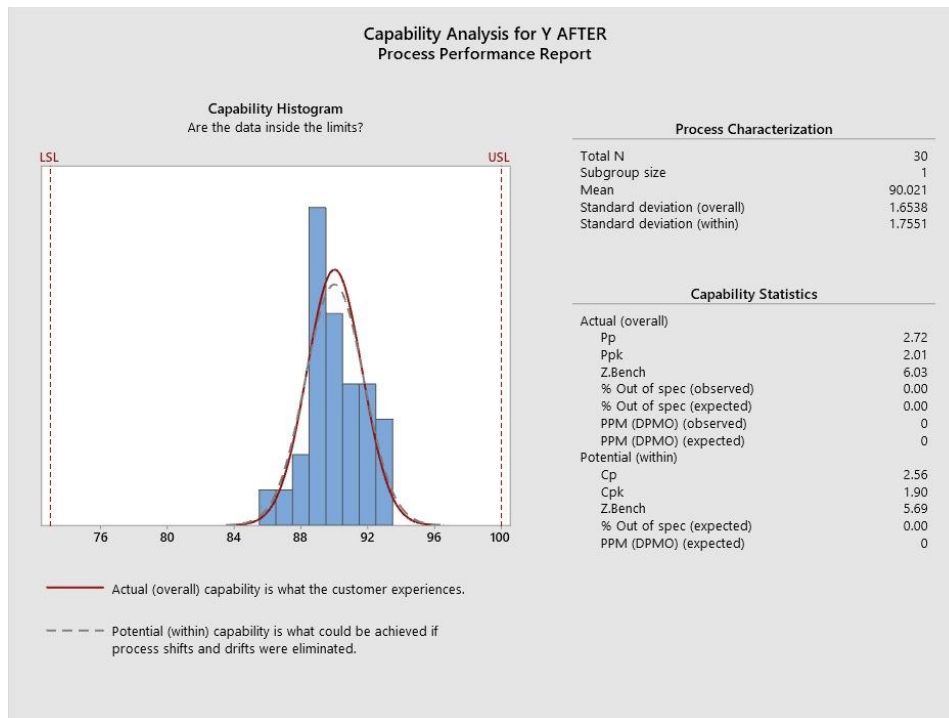
Tras la implementación de las mejoras propuestas, Figura 16, el proceso muestra un comportamiento significativamente más robusto. La media del proceso (90 %) se encuentra correctamente centrada dentro de los límites de especificación, y el histograma evidencia que la distribución de los datos se mantiene alejada de los límites críticos (LSL=73 y USL=100), proporcionando un amplio margen de seguridad frente a variaciones normales del proceso.

En términos de capacidad, los índices  $C_p = 2,56$  y  $C_{pk} = 1,90$  superan el estándar industrial de 1,33, lo que indica que el proceso no solo cuenta con un excelente potencial debido

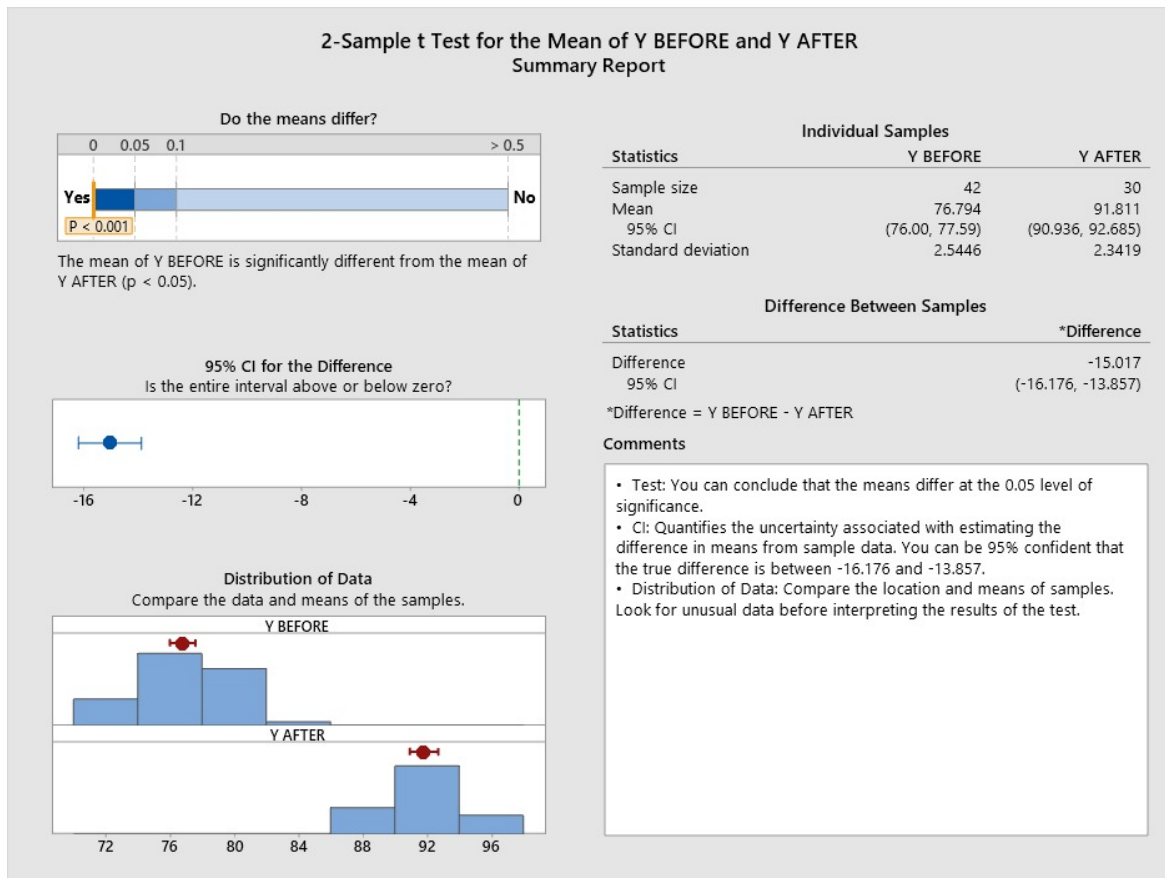
a su baja variabilidad, sino que además se encuentra realmente capacitado para cumplir de manera consistente y confiable con los requisitos establecidos. El valor de Cpk cercano al Cp confirma que el proceso está correctamente centrado y bajo control.

## Figura 16

### *Análisis de capacidad de la variable Y mejorada*



**Figura 17**  
*Diferencia de medias*



La Figura 17 evidencia un  $p\text{-value} < 0.001$ , lo que proporciona evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula y concluir que existe una diferencia significativa entre las medias del proceso antes y después de la mejora, con un nivel de confianza del 95%.

La media del proceso pasó de 76.79% a 91.81%, lo que representa un incremento absoluto de aproximadamente 15 puntos porcentuales en el cumplimiento del objetivo diario.

Esta prueba estadística confirma que la implementación de las soluciones propuestas generó un impacto real, medible y sostenido en el desempeño del proceso de apertura de cajas, validando cuantitativamente la efectividad de las mejoras aplicadas.

## 3.2 Triple Resultado Final

### 3.2.1 *Pilar social*

Como parte del análisis de la dimensión social del Triple Bottom Line, se evaluó la percepción de los operadores respecto a cinco factores clave relacionados con el desempeño operativo y el entorno laboral, Tabla 14:

- Claridad de los objetivos de producción.
- Alcance de los objetivos de producción.
- Disponibilidad de recursos para cumplir las metas.
- Adecuación de la carga de trabajo.
- Nivel de presión asociado al cumplimiento de la producción.

La medición inicial evidenció un nivel de satisfacción del 38% (se obtuvo mediante la división entre la puntuación total alcanzada y el puntaje máximo posible), reflejando principalmente debilidades en la claridad de los objetivos, la disponibilidad de recursos y la carga operativa.

**Tabla 14**

*Medición del nivel de satisfacción antes de la mejora*

PREGUNTAS	Op 1	Op 2	Op 3	Op 4	Op 5	Op 6	Op 7	Op 8	Op 9	Op 10	Op 11	Op 12	Suma	
Los objetivos de producción son claros.	4	3	2	4	4	2	4	2	2	4	2	4	37	
Los objetivos de producción son alcanzables.	1	1	2	1	3	2	1	2	2	1	2	1	19	
Cuento con los recursos necesarios para cumplir los objetivos de producción.	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	15	
La carga de trabajo es adecuada para cumplir las metas de producción.	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	19	
La presión por cumplir la producción es razonable.	2	1	3	1	1	3	1	3	1	1	3	3	23	
													<b>TOTAL</b>	<b>113</b>

Tras la implementación de las soluciones propuestas —orientadas a estandarización del trabajo, mejora del flujo y control visual—, se registró un incremento del nivel de satisfacción hasta el 77% (se obtuvo mediante la división entre la puntuación total alcanzada y el puntaje máximo posible).

**Tabla 15**

*Medición del nivel de satisfacción después de la mejora*

PREGUNTAS	Op 1	Op 2	Op 3	Op 4	Op 5	Op 6	Op 7	Op 8	Op 9	Op 10	Op 11	Op 12	Suma	
Los objetivos de producción son claros.	4	5	2	5	4	5	4	5	5	5	2	5	51	
Los objetivos de producción son alcanzables.	3	3	2	4	3	5	3	5	5	3	5	5	46	
Cuento con los recursos necesarios para cumplir los objetivos de producción.	3	3	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	39	
La carga de trabajo es adecuada para cumplir las metas de producción.	4	3	4	4	3	4	4	5	5	5	4	4	49	
La presión por cumplir la producción es razonable.	4	3	3	5	3	3	3	3	5	3	4	3	42	
													<b>TOTAL</b>	<b>227</b>

### 3.2.2 *Pilar económico*

Se realizó un análisis de las horas extras pagadas, Tabla 16, para cumplir con el objetivo diario de producción

Los valores correspondientes al costo de las horas extras fueron proporcionados por el equipo de Recursos Humanos de la empresa, garantizando la confiabilidad de la información utilizada en el análisis.

**Tabla 16***Análisis de las horas extras*

<b>Detalle</b>	<b>Valores</b>
<b>Cantidad de personas que laboran</b>	12
<b>Salario básico</b>	\$482
<b>Horas al mes</b>	240
<b>Costo \$/hora normal</b>	\$2,008
<b>Costo\$/ hora extra</b>	\$3,01

La cantidad de horas extras requeridas se calculó a partir de la cantidad de cajas restantes por abrir al finalizar la jornada regular, multiplicada por el tiempo promedio necesario para abrir cada caja.

Posteriormente, el total de horas adicionales obtenidas se multiplicó por el costo de la hora extra, considerando a las 12 personas que conforman el área de trabajo, con el fin de estimar el impacto económico real asociado al incumplimiento del objetivo de producción.

En la situación inicial, el proceso requería en promedio 2,01 horas extras diarias para cumplir con el objetivo de producción, lo que representaba un gasto diario de USD 75,19 considerando el costo de la hora extra para las 12 personas del área. Proyectado a nivel anual, este sobre costo alcanzaba un valor aproximado de USD 18.422,04, evidenciando un impacto económico significativo asociado a las ineficiencias del proceso.

**Tabla 17***Análisis comparativo del antes y después de los gastos por horas extras*

	<b>Antes</b>	<b>Después</b>
<b>Cantidad de Horas extras requeridos para cumplir con el objetivo de producción</b>	2,01	1,24
<b>Gastos totales / Día</b>	\$75	\$ 45,00
<b>Gastos / Año</b>	\$ 18.422,04	\$10.971,88

Según la Tabla 17, tras la implementación de las soluciones enfocadas en la mejora del flujo de trabajo, la disponibilidad de material y la estandarización de actividades, la cantidad de horas extras requeridas se redujo a 1,24 horas diarias, lo que se tradujo en un gasto diario de USD 45,00. A nivel anual, este valor disminuyó a USD 10.971,88, reflejando una reducción sustancial de los costos asociados a horas extras.

La comparación entre ambos escenarios demuestra que la mejora del desempeño operativo permitió disminuir la dependencia de horas extras para alcanzar el objetivo de producción, generando un impacto económico positivo y sostenible.

### **3.2.3 Pilar ambiental**

Se analizó el indicador de cajas recicladas respecto al total de cajas abiertas, Figura 18, utilizando un gráfico resumen con un tamaño de muestra de  $N = 60$  observaciones. Este indicador permitió evaluar la efectividad del proceso de segregación y reciclaje de residuos de cartón generados durante la operación.

En la situación inicial, el proceso de reciclaje presentó un comportamiento altamente inestable y no controlado. La prueba de normalidad de Anderson–Darling arrojó un p-value

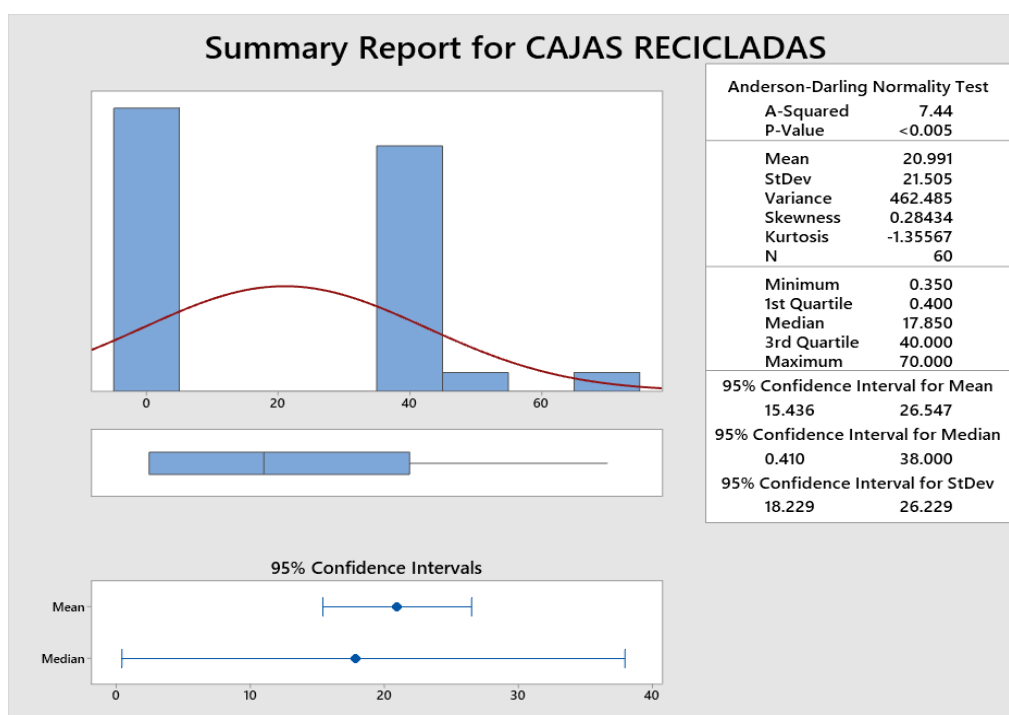
menor a 0,005, lo que indica que los datos no siguen una distribución normal y presentan una alta irregularidad en el cumplimiento diario del objetivo ambiental.

El promedio es de 20 cajas, acompañado de una desviación estándar elevada de 21,50, reflejando una inconsistencia severa en el desempeño del proceso. Esta alta variabilidad evidencia la ausencia de un método definido para la gestión de los residuos.

Adicionalmente, se observó una brecha significativa entre el valor mínimo (0,35 %) y el máximo (70 %) de cumplimiento durante el período analizado, se evidencia en la Figura 18.

### Figura 18

*Análisis estadístico de las cajas recicladas antes de la mejora*



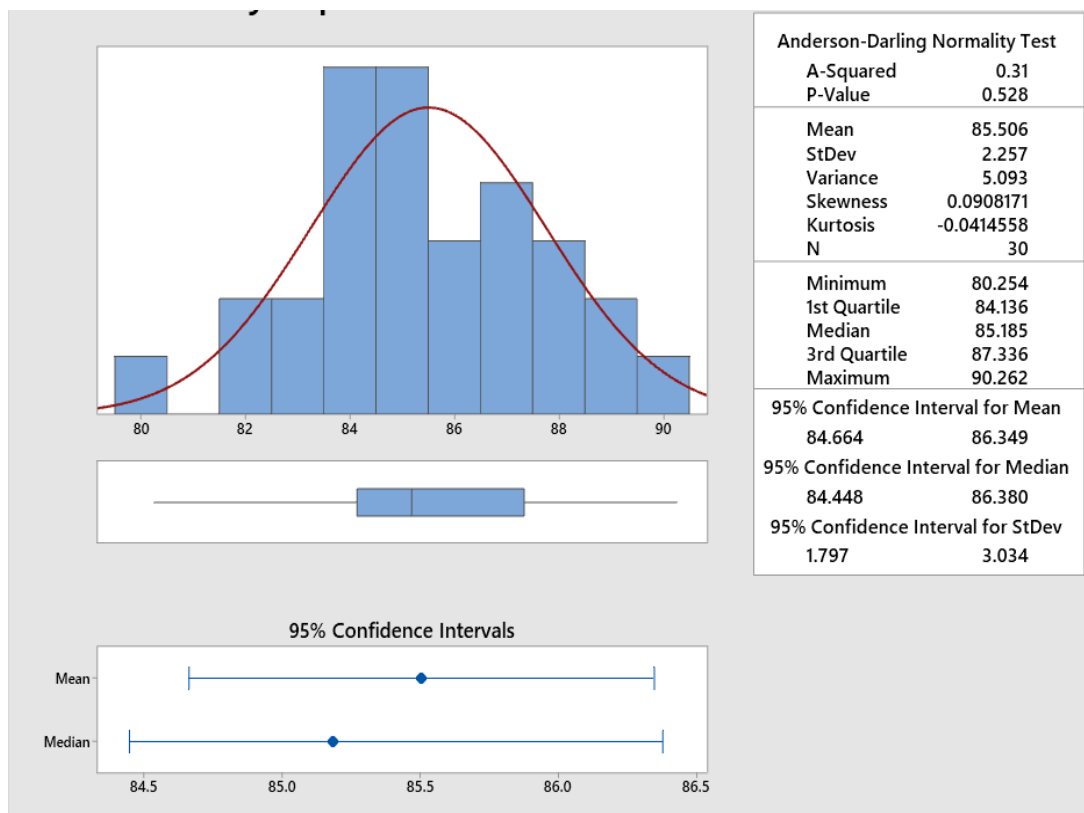
Tras la implementación de la mejora, — se transicionó del acopio manual al triturado industrial de madera, reduciendo el volumen de residuos y triplicando la velocidad de reciclaje —, el comportamiento del proceso ambiental cambió de manera significativa. La

prueba de Anderson–Darling arrojó un  $p$ -value de 0,528, confirmando que el proceso sigue una distribución normal.

El promedio de cumplimiento del reciclaje se incrementó de 20 a 85 cajas por día; anteriormente, la falta de un sistema definido para el reciclaje de madera generaba acumulaciones ineficientes. Al transicionar del acopio manual al triturado industrial, se evidenció una mejora sustancial en el aprovechamiento del espacio y la rapidez del proceso. Este resultado evidencia una adopción efectiva del nuevo método de segregación de residuos, Figura 19.

### Figura 19

*Análisis estadístico de las cajas recicladas después de la mejora*



### 3.3 Control

#### 3.3.1 Plan de control

Con el fin de asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas y evitar la reincidencia de las causas raíz identificadas, se estableció un plan de control, Tabla 18, enfocado en el seguimiento continuo de las soluciones aplicadas. Este plan define claramente qué se controla, quién es el responsable, la frecuencia de verificación y el método de control, garantizando la estabilidad del proceso en el tiempo.

**Tabla 18**

*Plan de control de las soluciones*

Solución	Qué controla	Quién	Por qué	Cómo	Cuándo	Dónde	Cuánto
S1: Stock mínimo y de seguridad	Disponibilidad de material en mesas de trabajo	Supervisor de Línea / Abastecedor	Evitar tiempos muertos por falta de cajas y asegurar flujo continuo	Semáforo visual de niveles de stock en mesa	Al inicio de cada turno y cada 2 horas	Área de apertura de cajas	10 minutos por revisión
S6: Redefinición de actividades	Adherencia al nuevo estándar de trabajo	Supervisor de Operaciones	Asegurar que los operadores no vuelvan a los métodos antiguos	Observación directa de ciclos de trabajo	Diario cada 2 horas	Área de apertura de cajas	15 minutos por revisión

### 3.3.2 Estrategia de Control de la solución 1

Para asegurar el cumplimiento y la sostenibilidad del nivel de stock mínimo definido en cada estación de trabajo, se implementará una estrategia de control basada en gestión visual, mediante señalización en el piso que permita identificar en tiempo real el estado del Safety Stock y el punto de reactivación, el cual activará oportunamente la reposición de materiales.

La señalización se clasificará en tres estados como se indica en la Figura 20:

- Verde (Nivel operativo estable): Indica un nivel operativo normal, en el cual solo se ha consumido una unidad del stock de seguridad. El proceso puede continuar sin necesidad de acciones correctivas inmediatas.
- Amarillo (Alerta): Señala un consumo moderado del stock de seguridad, lo que requiere atención preventiva por parte del personal de abastecimiento para evitar un posible desabastecimiento.
- Rojo (Abastecimiento crítico): Indica que el nivel de stock ha alcanzado un punto crítico y se requiere un reabastecimiento inmediato de las líneas de producción para evitar tiempos muertos.

**Figura 20**

*Estandarización visual del stock mínimo*



### 3.3.3 Estrategia de control de la solución 6

Para garantizar el cumplimiento sostenido del nuevo flujo de trabajo y maximizar la apertura diaria de cajas, se implementará un checklist operativo de control, Tabla 19, el cual permitirá verificar la correcta ejecución de las actividades definidas en el estándar de trabajo.

**Tabla 19**

*Checklist operativo de control de las actividades estándar.*

Nº	Competencia	Criterios de evaluación ¿Se cumplió?	Resultado / Nivel (1-5)
1	Gestión de Stock de Seguridad	Identifica la señalización en piso (Verde/Amarillo/Rojo) y alerta a logística antes de rupturas críticas de stock.	
2	Flujo Estandarizado (ABA)	Ejecuta la secuencia de apertura y desempaque sin añadir actividades de no valor (desperdicios) ni retrocesos.	
3	Segregación de Residuos y 5S	Aplana y coloca las cajas en los estantes inmediatamente después de abrirlas, manteniendo las 5S en la estación de trabajo.	

- **Nivel 1: Principiante** (Requiere capacitación)
- **Nivel 2: Practicante** (Requiere supervisión)
- **Nivel 3: Autónomo** (Puede realizar el trabajo)
- **Nivel 4: Experto** (Puede capacitar a otros)
- **Nivel 5: Maestro / Auditor**

## Capítulo 4

## 4.1 Conclusiones y recomendaciones

### 4.1.1 Conclusiones

- El objetivo general fue alcanzado y superado, logrando un nivel de cumplimiento del 91 % en el proceso de apertura diaria de cajas dentro del tiempo programado. Esto fue posible gracias a una mejor utilización de los recursos internos, la estandarización de procesos y la aplicación de la metodología DMAIC, dando como resultado un proceso más eficiente, estable y confiable
- La definición del indicador de número de cajas abiertas en relación con el objetivo diario permitió medir de manera directa y objetiva el nivel de cumplimiento del proceso de apertura de cajas, facilitando la evaluación de su eficiencia y estabilidad.
- La medición del desempeño del proceso, a través de los KPI's definidos, evidenció un nivel inicial de cumplimiento del 77 %, así como problemas de capacidad y estabilidad, confirmando la necesidad de implementar acciones de mejora estructuradas.
- El análisis de datos y la aplicación de herramientas de causa raíz permitieron identificar factores críticos como la falta de un stock de seguridad y la variabilidad en las actividades de los operarios, los cuales impactaban directamente en los tiempos de espera y el incumplimiento del plan diario.
- Las mejoras implementadas, como la estandarización del stock de seguridad y la optimización de las actividades operativas, permitieron reducir aproximadamente en un 15 % el tiempo total del proceso, eliminando tiempos muertos y reprocesos sin requerir inversión económica adicional.
- La evaluación posterior a la implementación de mejoras evidenció un incremento del cumplimiento del proceso del 77 % al 91 %, así como una mejora significativa

en la capacidad del proceso ( $Cpk = 1,43$ ). El plan de control y las herramientas de gestión visual aseguran la sostenibilidad de los resultados en el tiempo. La implementación de la Solución 1, basada en la definición y estandarización de un stock mínimo mediante el cálculo de stock de seguridad, permitió asegurar la disponibilidad de material en las estaciones de trabajo.

- La Solución 6, enfocada en el análisis y estandarización de las actividades de los operarios, permitió eliminar tiempos de espera y reprocesos, logrando una reducción del tiempo total del proceso de aproximadamente 15 %, sin requerir inversión económica.
- El plan de control, apoyado en checklist operativos y supervisión estructurada, garantiza la sostenibilidad de las mejoras en el tiempo, asegurando la adherencia al estándar de trabajo y fomentando una cultura de disciplina operativa y mejora continua.
- En conjunto, las mejoras implementadas contribuyeron a incrementar la eficiencia del proceso, reducir tiempos muertos, mejorar la confiabilidad operativa y asegurar el cumplimiento sostenido de los objetivos de producción, generando valor tanto a nivel operativo como estratégico para la organización.

#### **4.1.2 Recomendaciones**

- Realizar revisiones periódicas del nivel de stock de seguridad, especialmente ante cambios en la demanda, rotación de productos o modificaciones en el tiempo de reposición, para garantizar que el nivel definido continúe siendo el adecuado.
- Implementar indicadores clave de desempeño (KPI's), tales como porcentaje de cumplimiento del objetivo diario de apertura de cajas, adherencia al estándar de trabajo y frecuencia de activación del nivel rojo del stock de seguridad, que permitan monitorear el desempeño del proceso de manera sistemática.
- Realizar auditorías internas periódicas del cumplimiento del estándar y del plan de control, con el objetivo de detectar desviaciones tempranas y aplicar acciones correctivas antes de que impacten los resultados del proceso.
- Evaluar, en una fase posterior, la viabilidad técnica y económica de soluciones de automatización, considerando los resultados positivos obtenidos con las mejoras de bajo costo como base para proyectos de mayor inversión.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abualsaud, A. S., Alhosani, A. A., Mohamad, A. Y., Eid, F. N., & Alsyouf, I. (2019). Uso de la metodología Six Sigma DMAIC para desarrollar un diseño de instalaciones para una nueva línea de producción. *8.ª Conferencia Internacional sobre Modelado, Simulación y Optimización Aplicada* .
- Muhammad Faishal rif Kurniawan, H. M. (2024). Enhancing Production Quality and Sustainability., (pág. 9).
- Nguyen, T.-A.-T., & Nguyen, P.-T. (2025). Applying the DMAIC Framework to Improve Productivity and Quality in the Latex Mattress Production Process. *10th International Conference on Applying New Technology in Green Buildings*.
- Vargas-Sánchez, J. J., Jiménez-García, F. N., Toro-Galvis, J. M., & Rodríguez-García, Y. A. (2023). Comparación por simulación de sistemas de manufactura tipo push y pull. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*.
- Wei, Y., Zhen, H., & Wenmeng, T. (2019). The application of ReliefF algorithm for identifying CTQ in complex products. *IEEE International Conference on Emergency Management and Management Sciences*, (pág. 5).
- Yalçın, S., & Kaya, İ. (2022). Two-Dimensional Uncertainty Analysis for Cp and Cpk Process Capability Indices. *International Conference on Innovation and Intelligence for Informatics, Computing, and Technologies (3ICT)*.
- Naya S, Devia-Rivera A, Javier Tarrío Saavedra, Flores MA. Nueva propuesta de índices de capacidad robustos para el control de la calidad. *Dyna*. 2016;83(198):94-101.