

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Reducción de desperdicio en proceso de impresión de láminas de hojalata

INGE-3079

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industrial

Presentado por:

Luis Andrés Pinzón Borbor

Roy Wesley Vargas Vargas

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

El presente proyecto es dedicado a Dios, por siempre brindarnos la sabiduría y el conocimiento para afrontar los problemas que surgen en la vida, en segundo lugar, a nuestros padres, hermanos y abuelos que siempre nos han apoyado en cada proyecto durante toda nuestra vida estudiantil.

Finalmente, a la institución que nos abrió la puerta al estudio para adquirir nuevos conocimientos y poder ser los profesionales que siempre deseamos.

Pinzón Luis, Vargas Roy

Agradecimientos

Nuestro más sincero agradecimiento a la empresa patrocinadora por permitirnos realizar el proyecto en una de sus líneas y a los trabajadores por el apoyo y tiempo dedicado, agradecer a nuestro tutor que nos tuvo paciencia y nos brindó consejos durante el proyecto.

También a nuestros profesores que fueron los que aportaron con el conocimiento suficiente para poderlo aplicar en una vida profesional.

Pinzón Luis, Vargas Roy

Declaración Expresa

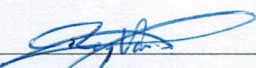
Nosotros Roy Wesley Vargas Vargas y Luis Andrés Pinzón Borbor acordamos y reconocemos que:

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

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

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique 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, 17 de octubre del 2025.



Roy Wesley Vargas

Vargas



Luis Andrés Pinzón

Borbor

Evaluadores

Sofía Anabel López Iglesias, M.Sc.

Profesora de Materia

María Fernanda López Sarzosa, M.Sc.

Tutor de proyecto

Resumen

El presente proyecto se enfocó en la reducción del desperdicio generado en la línea de impresión mediante la aplicación de la metodología DMAIC, la cual se estructura en cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. El problema principal identificado fue el elevado porcentaje de láminas con golpes, el cual aportó en promedio 1,86% al desperdicio total del proceso entre febrero y septiembre de 2025, representando 47,85% del desperdicio total de la línea de impresión.

A partir del análisis del proceso, se establecieron acciones orientadas a mejorar la eficiencia operativa, reducir los costos asociados al desperdicio y fortalecer la participación de los operadores, evidenciándose deficiencias en el control operativo. Asimismo, se identificaron como principales causas la desalineación de láminas, el uso de pallets en mal estado, deficiencias en la limpieza de los equipos y la ausencia de estandarización en actividades operativas y de mantenimiento.

Como parte de las acciones de la mejora del proceso, se implementaron soluciones de bajo costo, tales como etiquetado visual de pallets, estandarización de kits de limpieza por línea y alertas preventivas. Como resultado, el porcentaje promedio de desperdicio se redujo de 3,91% a 3,39%, evidenciando una mejora sostenida del proceso y sentando una base sólida para futuras optimizaciones.

Palabras clave: DMAIC, reducción de desperdicio, impresión industrial, mejora de procesos.

Abstract

This project focused on reducing waste generated in the printing line through the application of the DMAIC methodology, which is structured into five phases: Define, Measure, Analyze, Improve, and Control. The main problem identified was the high percentage of sheets with dents, which contributed an average of 1.86% to total process waste between February and September 2025, representing 47.85% of the total waste on the printing line.

Based on process analysis, actions were established to improve operational efficiency, reduce waste-related costs, and strengthen operator involvement, revealing deficiencies in operational control. In addition, the main root causes were identified, including sheet misalignment, damaged pallets, inadequate equipment cleaning, and the lack of standardization in operational and maintenance activities.

As part of the process of improvement actions, low-cost solutions were implemented, such as visual pallet labeling, standardized cleaning kits for each production line, and preventive alerts. As a result, the average waste percentage decreased from 3.91% to 3.39%, demonstrating a sustained improvement in process performance and providing a solid foundation for future process optimizations.

Keywords: DMAIC, waste reduction, industrial printing, process improvement.

Índice general

Resumen	I
Abstract	II
Índice general	III
Capítulo 1	1
1. Introducción	2
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Limitaciones	4
1.3 Justificación del problema.....	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 Marco teórico	6
1.5.1 Lean manufacturing.....	6
1.5.2 Six sigma	6
1.5.3 Costos de no calidad.....	7
1.5.4 DMAIC.....	7
1.5.5 Definir	7
1.5.6 Medir	7
1.5.7 Analizar	7
1.5.8 Mejorar	8

1.5.9	Controlar.....	8
1.5.10	VOC	8
1.5.11	CTQ.....	8
1.5.12	Herramienta 3w2h.....	8
1.5.13	Sipoc.....	9
Capítulo 2.....		10
2.	Metodología	11
2.1	Definición.....	11
2.1.1	Entrevistas	11
2.1.2	Critical tree quality.....	12
2.1.3	Variable de respuesta.....	13
2.1.4	Triple bottom line.....	13
2.1.5	Serie de tiempo.....	14
2.1.6	Definición del problema.....	15
2.1.7	Diagrama de flujo de proceso.....	16
2.2	Medición.....	18
2.2.1	Plan de recolección de datos	18
2.2.2	Datos recolectados.....	20
2.2.3	Análisis de confiabilidad de datos.....	20
2.2.4	Prueba de normalidad.....	21
2.2.5	Gráfica de control.....	23

2.2.6	Análisis de capacidad	25
2.2.7	Estratificación.....	26
2.2.8	Problema enfocado.....	31
2.3	Análisis.....	32
2.3.1	Lluvia de ideas	32
2.3.2	Diagrama Ishikawa.....	33
2.3.3	Matriz causa-efecto	34
2.3.4	Plan verificación de causas.....	36
2.3.5	Causa 1: Bultos mal apilados que ingresan al alimentador.....	37
2.3.6	Causa 2: Las láminas ingresan con golpes previos	38
2.3.7	Causa 13: Mantenimiento.....	39
2.3.8	Causa 7: Ganchos metálicos deformados.....	41
2.3.9	Análisis causa raíz.....	42
2.4	Mejora	47
2.4.1	Evaluación de priorización de las soluciones propuestas.....	51
2.4.2	Gráfica impacto-esfuerzo	51
2.4.3	Soluciones	52
2.4.4	Plan de implementación de soluciones.....	57
2.5	Implementación.....	57
2.5.1	Implementación de notificaciones preventivas y mantenimiento de las	

2.5.2	Implementación de la clasificación de pallets por su estado.....	61
2.5.3	Implementación de mejora del sistema actual de limpieza de bandas	63
2.6	Control.....	65
2.6.1	Plan de control.....	66
2.6.2	Plan de reacción.....	68
Capítulo 3	69
3.	Resultados	70
3.1	Resultados de las mejoras en la variable Y	70
3.2	Resultados del triple bottom line.....	71
3.2.1	Impacto económico	71
3.2.2	Impacto social	72
3.2.3	Impacto ambiental	73
3.3	Análisis de normalidad.....	73
3.4	Análisis de control y estabilidad del desperdicio	75
3.5	Análisis de capacidad	76
Capítulo 4	78
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	79
4.1	Conclusiones	79
4.2	Recomendaciones.....	80
Referencias	81

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Plan de recolección de datos</i>	19
Tabla 2 <i>Datos recolectados</i>	20
Tabla 3 <i>Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales</i>	21
Tabla 4 <i>Test de normalidad de Shapiro-Wilk</i>	21
Tabla 5 <i>Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales</i>	26
Tabla 6 <i>Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales</i>	29
Tabla 7 <i>Anova de las líneas provenientes</i>	31
Tabla 8 <i>Diagrama causa-efecto</i>	35
Tabla 9 <i>Tabla de resultados de diagrama causa-efecto</i>	36
Tabla 10 <i>Plan de verificación de causas</i>	37
Tabla 11 <i>Prueba de t de Student para la causa de mantenimiento</i>	41
Tabla 12 <i>Análisis 1 causa raíz bultos mal apilados que ingresan al alimentador</i>	42
Tabla 13 <i>Análisis causa raíz 2 Bultos mal apilados que ingresan al alimentador</i>	43
Tabla 14 <i>Análisis de la causa raíz ganchos deformados</i>	44
Tabla 15 <i>Análisis 1 causa raíz las láminas ingresan con golpes previos</i>	45
Tabla 16 <i>Análisis 2 causa raíz las láminas ingresan con golpes previos</i>	46
Tabla 17 <i>Análisis 3 causa raíz las láminas ingresan con golpes previos</i>	47
Tabla 18 <i>Número de soluciones de la gráfica impacto-control</i>	52
Tabla 19 <i>Presupuesto de lubricación de las cadenas</i>	56
Tabla 20 <i>Presupuesto de la clasificación de pallets</i>	56
Tabla 21 <i>Presupuesto de kit de limpieza</i>	57
Tabla 22 <i>Lubricaciones de cadena de las líneas</i>	60
Tabla 23 <i>Criterios para clasificar pallets</i>	61

Tabla 24	<i>Resultados de la clasificación y gestión de pallets en mal estado</i>	62
Tabla 25	<i>Frecuencia de limpieza de bandas línea de impresión</i>	64
Tabla 26	<i>Número de enredos de la línea de impresión</i>	65
Tabla 27	<i>Tabla de áreas de estudio en la encuesta</i>	72

Índice de figuras

Figura 1 <i>VOC de los actores de la línea de impresión 7</i>	12
Figura 2 <i>Critical tree quality</i>	12
Figura 3 <i>Variables del triple bottom line</i>	14
Figura 4 <i>Serie de tiempo del porcentaje de desperdicio de la data histórica</i>	15
Figura 5 <i>Definición del problema 3w 2h</i>	16
Figura 6 <i>Diagrama de flujo de la línea de impresión 7</i>	17
Figura 7 <i>Histograma de los porcentajes de desperdicio</i>	22
Figura 8 <i>Gráfica de normalidad de los porcentajes de desperdicio</i>	23
Figura 9 <i>Gráfica de control</i>	24
Figura 10 <i>Análisis de capacidad</i>	25
Figura 11 <i>Diagrama de Pareto</i>	27
Figura 12 <i>Diagrama de barra de láminas defectuosas por golpes y tonos de impresión</i> 28	28
Figura 13 <i>Diagrama de barra de líneas procesadoras de láminas para la línea 7</i>	30
Figura 14 <i>Definición del problema enfocados</i>	32
Figura 15 <i>Lluvia de ideas del problema enfocado</i>	33
Figura 16 <i>Diagrama Ishikawa del problema enfocado</i>	34
Figura 17 <i>Bulto de láminas con mal apilado</i>	38
Figura 18 <i>Bulto de láminas con golpe leves en los bordes</i>	38
Figura 19 <i>Diagrama de porcentajes antes y después de un mantenimiento preventivo</i> ..	39
Figura 20 <i>Diagrama de porcentajes antes y después de un mantenimiento correctivo</i> ...	40
Figura 21 <i>Ganchos deformados con amarre de liencillo no reemplazados</i>	41
Figura 22 <i>Solución estandarización de instrumentos de calibración</i>	48
Figura 23 <i>Solución notificaciones preventivas y mantenimiento de cadenas</i>	48

Figura 24	<i>Solución estandarización de limpieza de bandas</i>	49
Figura 25	<i>Solución mejora del sistema de identificación de ganchos</i>	49
Figura 26	<i>Solución clasificación de pallets por su estado</i>	50
Figura 27	<i>Solución señalización visual</i>	50
Figura 28	<i>Gráfica impacto-esfuerzo</i>	51
Figura 29	<i>Clasificación de pallets</i>	54
Figura 30	<i>Kit de limpieza propuesto</i>	55
Figura 31	<i>Inducción de las soluciones a los operadores</i>	58
Figura 32	<i>Llenado del apartado del sistema de control</i>	58
Figura 33	<i>Poster de buenas prácticas de lubricación</i>	59
Figura 34	<i>Lubricación de cadenas</i>	60
Figura 35	<i>Pallet en mal estado</i>	62
Figura 36	<i>Ubicación correcta y herramientas completas</i>	63
Figura 37	<i>Supervisión del etiquetado de pallets</i>	66
Figura 38	<i>Supervisión de los equipos de limpieza</i>	67
Figura 39	<i>Implementación del formato de registro de fechas de lubricación</i>	67
Figura 40	<i>Plan de reacción ante anomalías detectadas en la línea de impresión</i>	68
Figura 41	<i>Gráfica de porcentaje de desperdicio antes y después de las mejoras</i>	70
Figura 42	<i>Gráfica de Costos de no calidad antes y después</i>	71
Figura 43	<i>Gráfica de normalidad de los datos después de la mejora</i>	74
Figura 44	<i>Gráfica de carta de control de los datos después de la mejora</i>	75
Figura 45	<i>Análisis de capacidad de los datos después de la mejora</i>	76

Índice de Apéndices

Apéndice A Matrix impacto-esfuerzo	82
Apéndice B Plan de implementación de las soluciones	83
Apéndice C Plan de control.....	86
Apéndice D Formato de registro de fechas de lubricación	88

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
USD	dólares estadounidenses
VOC	Voice of Customer (Voz del Cliente)
CTQ	Critical To Quality

Simbología

mL mililitros

L Litros

m² metros cuadrado

Kg Kilogramos

Capítulo 1

1. Introducción

La industria de impresión flexográfica desempeña un papel fundamental en la producción de materiales de empaque, los cuales son ampliamente utilizados en diversos sectores industriales. Sin embargo, este tipo de procesos productivos enfrenta múltiples desafíos relacionados con la eficiencia operativa, el control de calidad y la reducción de desperdicios, factores que impactan directamente en la competitividad y rentabilidad de las empresas.

En este contexto, la generación de desperdicio durante el proceso de impresión representa una de las principales problemáticas, debido a que implica pérdidas económicas, consumo innecesario de materia prima y afectaciones al desempeño productivo. La reducción del desperdicio no solo contribuye a mejorar los indicadores de eficiencia, sino que también fortalece la sostenibilidad del proceso y la capacidad de cumplimiento de los pedidos.

El presente trabajo se desarrolla en una empresa dedicada a la impresión y comercialización de material para empaque, donde se ha identificado un porcentaje de desperdicio superior al objetivo establecido por la organización. Por ello, se propone la aplicación de la metodología DMAIC con el propósito de analizar las causas del problema, plantear soluciones y evaluar su impacto en la disminución de láminas defectuosas.

De esta manera, el proyecto busca contribuir a la mejora continua del proceso productivo mediante la implementación de acciones enfocadas en optimizar las actividades operativas, reducir pérdidas y fortalecer el control del proceso de impresión.

1.1 Descripción del problema

En la empresa de empaques metálicos, el proceso de impresión dentro de la línea enfrenta niveles críticos de desperdicio, este problema afecta directamente a los costos de producción, a la cantidad de láminas que no llegan a producirse y el esfuerzo de los operadores, el proceso comienza desde un sistema de alimentación de láminas que recoge las láminas esmaltadas

apiladas en un pallet, este cuenta con un escáner que filtra las láminas golpeadas para que no entren a las torres de impresión y el daño sea peor llegando a afectar partes internas, este tiene la capacidad de detectar una lámina golpeada y detener la línea automáticamente produciendo una parada, generando aproximadamente entre 25 a 30 laminas por parada que no llegan a imprimirse correctamente y son convertidas a láminas defectuosas.

Posteriormente, las láminas pasan por la prensa de seis cuerpos, donde se realiza la impresión, seguida del sistema de inspección mediante cámaras que detectan fallos de magnitud media. En la siguiente etapa, las láminas atraviesan el proceso de barnizado, donde se aplica una capa de protección y se ejecuta una primera inspección visual. Finalmente, el material ingresa al horno de secado, pasa por un último filtro de inspección y es apilado para su almacenamiento.

A pesar de estos controles, el proceso continúa generando desperdicio debido a fallas presentes en distintas etapas de producción. Esta situación evidencia oportunidades de mejora relacionadas con el mantenimiento de equipos, la condición de los pallets, las herramientas utilizadas y la estandarización de las actividades operativas.

La línea de impresión 7, implementada en el año 2017, ha presentado históricamente variabilidad en los niveles de desperdicio, lo cual puede observarse en los reportes semanales de producción. Esta problemática resulta especialmente relevante debido a su impacto económico, operativo y humano, ya que incrementa los costos de no calidad, reduce la eficiencia del proceso y aumenta la carga laboral de los operadores.

En consecuencia, el análisis del desperdicio en la línea de impresión se convierte en una prioridad para la organización, al tratarse de un problema medible que permite aplicar herramientas de mejora continua y análisis cuantitativo para identificar sus causas y proponer soluciones sostenibles.

1.2 Limitaciones

En nuestro proyecto de mejora es fundamental identificar cuáles son nuestras restricciones que pueden tener nuestras soluciones o acciones propuestas, a continuación, se presentaran distintas limitaciones:

Presupuesto: El recurso económico es limitado lo que restringe la posibilidad de implementar ciertas mejoras, adquirir materiales adicionales o utilizar herramientas tecnológicas más avanzadas.

Limitación de infraestructura: El área de litográfica no cuenta con espacio para la expansión de la línea en toda dirección.

Personal: El número de personas involucradas en la línea de impresión tienen su rol y cargo, y no es posible recomendar que la solución sea agregar otro personal más.

Cantidad de líneas de impresión: La empresa contiene una sola línea de impresión que soporta toda la producción de envases impresos.

Tiempo del proyecto: El proyecto está planificado a realizarle en un plazo de 4 meses, por lo que su duración es corta, y se debe de planificar acorde al tiempo, y trabajar con unidades de tiempo en semanas.

Datos históricos: Para el presente proyecto se cuenta con una data del año 2025, al no ser posible contar con datos desde el inicio de la línea, lo cual ayuda a definir con mayor precisión los objetivos y estrategias planteadas.

1.3 Justificación del problema

La reducción del desperdicio en procesos de impresión industrial representa un factor clave para mejorar la competitividad y sostenibilidad de las organizaciones manufactureras. En el caso de la empresa objeto de estudio, el nivel de láminas defectuosas supera el objetivo interno

establecido, lo que genera pérdidas económicas asociadas al consumo de materia prima, tiempo productivo y recursos operativos.

Desde el punto de vista económico, cada lámina defectuosa implica costos de material, energía y mano de obra que no generan valor para el cliente. En consecuencia, el incremento del desperdicio impacta directamente la rentabilidad del proceso productivo y limita la capacidad de la empresa para responder de manera eficiente a la demanda.

En el ámbito ambiental, la generación de desperdicio implica un mayor consumo de recursos y la producción de residuos industriales, lo cual se contrapone a los principios de producción responsable y sostenibilidad promovidos por la organización. Reducir las pérdidas contribuye a disminuir el impacto ambiental del proceso y fortalece el compromiso de la empresa con prácticas más responsables.

Adicionalmente, esta problemática tiene implicaciones operativas y humanas, ya que los defectos incrementan la carga de trabajo de los operadores, generan retrabajos y aumentan la presión por el cumplimiento de los objetivos de producción. Por ello, abordar este problema contribuye también a mejorar las condiciones del entorno laboral.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Reducir el porcentaje de hojas desperdiciadas en la línea de impresión 7 del 3,91% al 3,04 %, utilizando la metodología DMAIC para mejorar la eficiencia de la línea, la satisfacción laboral y el costo asociado al desperdicio en un plazo de 4 meses.

1.4.2 Objetivos específicos

- Medir los niveles actuales de desperdicio en la línea de impresión, junto con la satisfacción laboral del personal involucrado y el costo económico asociado, mediante un plan estructurado de recopilación de datos.
- Identificar los CTQ y las necesidades del cliente que determinan los parámetros críticos de calidad del proceso de impresión.
- Analizar las causas raíz y las variables que generan variación y contribuyen al desperdicio en la línea de impresión, empleando herramientas estadísticas y de calidad.
- Diseñar un plan de mejora integral orientado a reducir los desperdicios en la línea de impresión y optimizar el desempeño operativo y económico del proceso.

1.5 Marco teórico

1.5.1 *Lean manufacturing*

Lean Manufacturing es un enfoque de gestión orientado a maximizar el valor para el cliente mediante la eliminación sistemática de desperdicios y la mejora continua de los procesos productivos, permitiendo incrementar la eficiencia operativa y la competitividad organizacional (Shah & Ward, 2007).

1.5.2 *Six sigma*

Six Sigma es una metodología estructurada que busca mejorar el desempeño de los procesos mediante la reducción de la variabilidad y la eliminación de defectos, apoyándose en el análisis estadístico y la toma de decisiones basada en datos (Antony, 2006).

1.5.3 Costos de no calidad

Los costos de no calidad corresponden a los recursos asociados a fallas internas y externas del proceso, tales como desperdicios, reprocesos y devoluciones, los cuales impactan negativamente en la rentabilidad y el desempeño de las organizaciones (Campanella, 1999).

1.5.4 DMAIC

DMAIC es un ciclo metodológico utilizado en proyectos de mejora continua que estructura el proceso en cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, permitiendo abordar problemas complejos de manera sistemática y basada en datos (Antony, 2006).

1.5.5 Definir

En esta fase se establecen los objetivos del proyecto, se identifican los requerimientos del cliente y se delimitan los problemas críticos del proceso, asegurando un entendimiento claro del alcance y de las variables clave de desempeño (International Organization for Standardization [ISO], 2015).

1.5.6 Medir

La fase de medición consiste en la recopilación de datos relevantes del proceso actual con el fin de establecer una línea base de desempeño y cuantificar la variabilidad existente, permitiendo identificar oportunidades de mejora (Antony, 2006).

1.5.7 Analizar

En esta etapa se examinan los datos recopilados para identificar las causas raíz de los problemas del proceso, utilizando herramientas de análisis que permiten evaluar relaciones, tendencias y comportamientos del sistema productivo (Shah & Ward, 2007).

1.5.8 Mejorar

Durante la fase de mejora se diseñan e implementan soluciones orientadas a optimizar el proceso, reducir defectos y minimizar la variabilidad, validando su efectividad antes de su aplicación definitiva (ISO, 2015).

1.5.9 Controlar

La fase de control tiene como objetivo asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas mediante el uso de indicadores de desempeño, monitoreo continuo y estandarización de los procesos (ISO, 2015).

1.5.10 VOC

La Voz del Cliente (VOC) representa la recopilación sistemática de las necesidades y expectativas del cliente, información clave para definir objetivos de calidad y orientar las mejoras del proceso hacia la satisfacción del cliente (ISO, 2015).

1.5.11 CTQ

Las características críticas para la calidad (CTQ) son aquellas variables del proceso que influyen directamente en la satisfacción del cliente y permiten priorizar acciones de mejora enfocadas en el cumplimiento de los requisitos establecidos (Antony, 2006).

1.5.12 Herramienta 3w2h

La herramienta 3W2H permite estructurar la definición de problemas y planes de acción mediante preguntas clave que facilitan la planificación, ejecución y seguimiento de las mejoras implementadas en los procesos (Silva et al., 2018).

1.5.13 Sipoc

El diagrama SIPOC es una herramienta utilizada para identificar proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes, permitiendo delimitar el alcance del proyecto y comprender las interacciones críticas del proceso desde una visión sistémica (ISO, 2015).

Capítulo 2

2. Metodología

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo mediante la metodología DMAIC, la cual permitió estructurar el análisis del problema, identificar sus causas principales, proponer soluciones y establecer mecanismos de control para asegurar la sostenibilidad de los resultados obtenidos.

2.1 Definición

Se describen a continuación los procedimientos utilizados para abordar la problemática de la línea de impresión. El estudio inició con una fase de recolección de información en campo, con el propósito de identificar las variables críticas del proceso.

2.1.1 Entrevistas

Con base en el contexto inicial del proceso, se realizaron entrevistas a los actores involucrados en la operación, incluyendo barnizadores, prensistas y personal de fin de línea de los turnos diurno y nocturno. Asimismo, se mantuvieron conversaciones con supervisores, el jefe de área y el gerente de la línea, con el propósito de identificar dificultades operativas, limitaciones del proceso, necesidades y oportunidades de mejora.

Los principales hallazgos obtenidos del personal operativo se presentan en la Figura 1.

Figura 1

VOC de los actores de la línea de impresión 7



Nota: Opiniones de los todos los actores involucrados en la línea de impresión, elaboración propia

2.1.2 Critical tree quality

Los hallazgos más relevantes obtenidos de los clientes permitieron identificar los *quality drivers* y los CTQ, los cuales se presentan en la Figura 2 y facilitaron la definición de la variable de interés del estudio.

Figura 2

Critical tree quality



Nota: Elaboración propia

2.1.3 *Variable de respuesta*

En este punto, una vez clasificadas y determinadas las variables más relevantes dentro de la necesidad de reducir los desperdicios, se procede a relacionarlas con los tres pilares del Triple Bottom Line: económico, social y ambiental. Asimismo, se consideran los componentes que intervienen en el proceso de impresión de láminas.

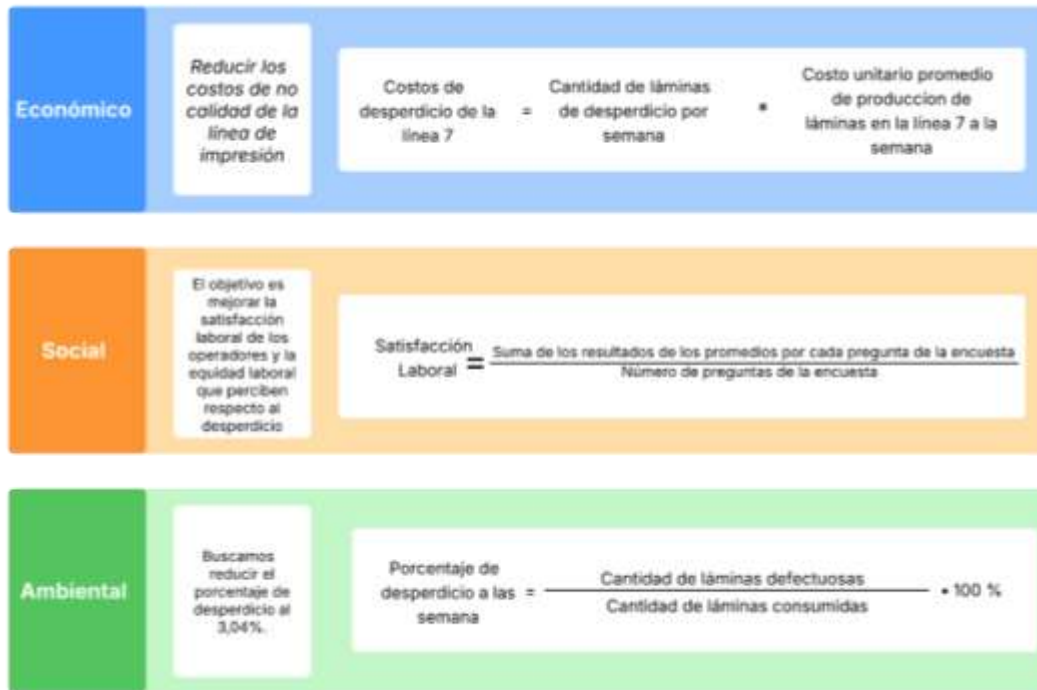
La variable de interés corresponde al porcentaje de desperdicio, el cual se define como la relación entre la cantidad de láminas defectuosas y la cantidad total de láminas consumidas. Este indicador se vincula de manera directa e indirecta con las demás variables, ya que los defectos identificados forman parte de su cálculo y afectan su comportamiento.

La expresión matemática de esta variable se presenta en la ecuación (1.1):

$$\text{Porcentaje de desperdicio} = \frac{N \text{ de láminas defectuosas}}{N \text{ de láminas consumidas}} \times 100\% \quad (1,1)$$

2.1.4 *Triple bottom line*

Al diseñar el proyecto, se consideran las dimensiones económica, social y ambiental con el objetivo de promover la sostenibilidad a largo plazo. En este sentido, se busca generar mejoras en cada una de estas perspectivas, integrando sus indicadores dentro del análisis del proyecto. En la Figura 3 se presentan dichas perspectivas junto con la forma en que se realiza su cálculo.

Figura 3*Variables del triple bottom line*

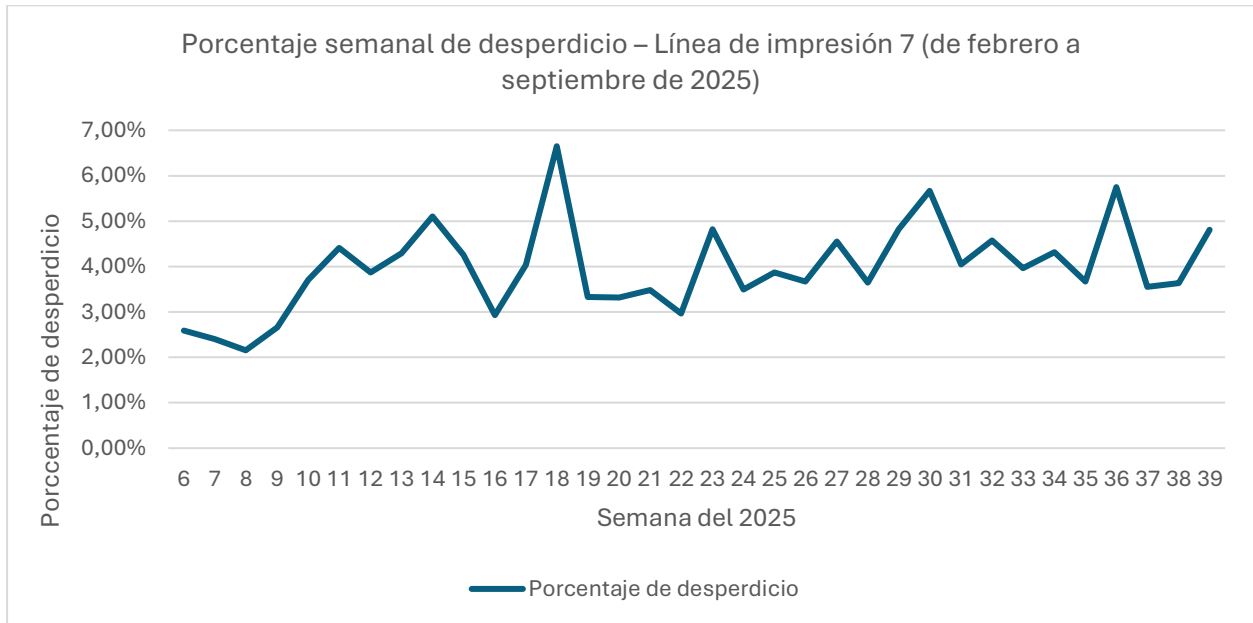
Nota: Las variables de los tres pilares del Triple Bottom Line, económico, social, ambiental, elaboración propia

2.1.5 Serie de tiempo

En el año 2025, el porcentaje semanal de láminas defectuosas (o cantidades malas) se presenta en la Figura 4. Inicialmente, se observa un comportamiento altamente variable, alcanzando su valor mínimo de 0,58% en la semana 18 y su valor máximo de 1,02% en la semana 23. Posteriormente, el indicador muestra una tendencia más estable, manteniéndose cercano al promedio durante varias semanas. No obstante, desde la semana 31 hasta la fecha final del periodo analizado, el comportamiento vuelve a presentar una alta fluctuación, evidenciando el inicio de nuevas variaciones significativas.

Figura 4

Serie de tiempo del porcentaje de desperdicio de la data histórica



Nota: Elaboración propia

2.1.6 Definición del problema

En la línea litográfica, el problema se origina por fallas presentes en distintas etapas del proceso, que abarcan desde el sistema de alimentación y registro de láminas hasta las fases de impresión, barnizado y la entrada y salida del horno. Estas fallas impactan negativamente en los costos de no calidad, la eficiencia del proceso y la carga laboral de los operadores. La definición del problema se presenta en la Figura 5.

Figura 5

Definición del problema 3w 2h



Nota: Elaboración propia

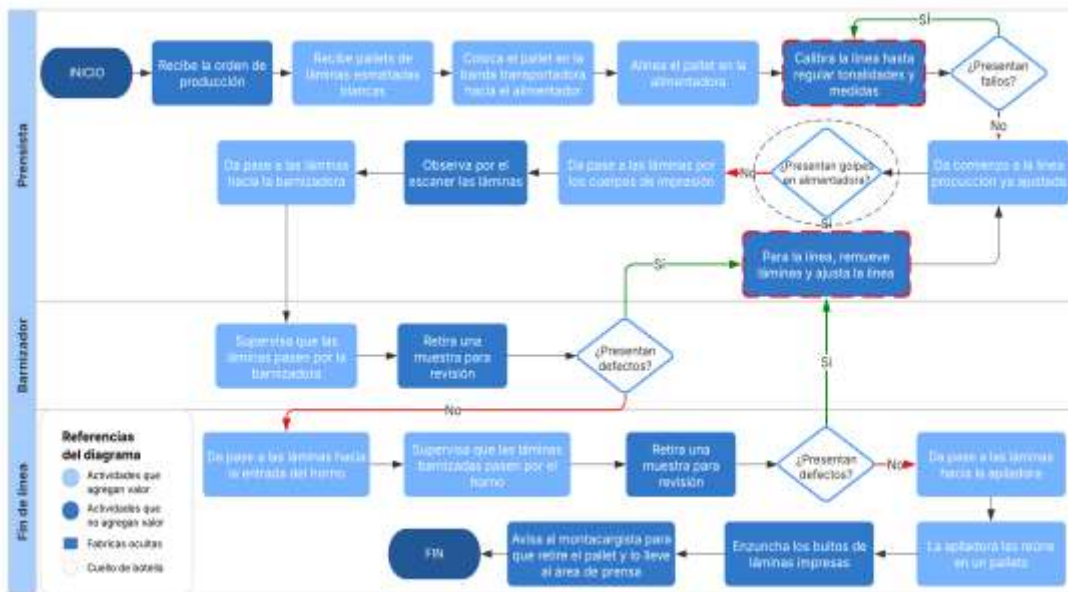
2.1.7 Diagrama de flujo de proceso

Se levantó un diagrama de flujo, presentado en la Figura 6, con el fin de analizar en mayor detalle el proceso de la línea de impresión.

El diagrama de flujo operacional de la Línea 7 de Impresión representa la secuencia de actividades ejecutadas por el prensista, el barnizador y el operador de fin de línea, desde la recepción de las láminas hasta su inspección final y posterior apilado.

Figura 6

Diagrama de flujo de la línea de impresión 7



Nota: Elaboración propia

Del análisis del flujo se determina que el principal cuello de botella se localiza en la etapa de alimentación, debido a la llegada de pallets con láminas golpeadas que generan interrupciones no programadas y disminuyen el rendimiento operativo. Asimismo, se identifican diversas fábricas ocultas, tales como el retrabajo asociado a la segregación manual de láminas defectuosas, la repetición de pruebas de calibración y el retroceso del material por errores detectados en impresión o barniz. Estas actividades no agregan valor, incrementan los tiempos improductivos y elevan los costos de no calidad.

2.2 Medición

En la fase de Definición se establecieron el problema central, su alcance y los objetivos del proyecto, los cuales fueron desarrollados en el capítulo anterior. En la fase de Medición se delimita el problema específico y se identifican las variables potenciales a evaluar mediante el análisis de datos históricos y observaciones en Gemba, apoyados por un plan de recolección de datos que garantiza la confiabilidad de la información.

2.2.1 Plan de recolección de datos

Para estructurar el análisis del proceso, fue necesario establecer un plan de recolección de datos presentado en la Tabla 1, el cual permitió obtener información confiable y directamente vinculada a las condiciones reales de operación.

Tabla 1*Plan de recolección de datos*

Información que recopilar			¿Quién la registra?	Detalles de muestreo		¿Por qué es necesario registrarla?	¿Cómo se mide?	Factores de estratificación
Descripción	Unidades	Tipo de dato		¿Dónde se registra?	¿Cuándo se registra?			
Costos por desperdicio debido a defectos	USD	Continuo	Ingeniero de Procesos y Líderes de Proyecto	Informe Financiero	De febrero a septiembre	Para observar el impacto económico de la Línea 7.	A través del informe mensual de la empresa.	Tipo de defecto
Cantidad de láminas defectuosas	Numero de láminas	Discreto	Inspector de Fin de Línea y Líderes de Proyecto	Sistema de Reporte de Producción por Unidad	De febrero a septiembre	Para comprender adecuadamente el comportamiento de la variable Y e identificar los defectos más frecuentes, el origen de las láminas y su espesor.	Conteo directo del operario y líderes de proyecto, y mediante el parte de trabajo.	Por tipo de defecto con su causa. Turno: A y B. Material: láminas de 0,14 mm y 0,16 mm. Proveedor: línea de barnizado de origen.
Cantidad de láminas consumidas	Numero de láminas	Discreto	Inspector de Fin de Línea y Líderes de Proyecto	Sistema de Reporte de Producción por Unidad	De febrero a septiembre	Para comprender adecuadamente el comportamiento de la variable Y e identificar los defectos más frecuentes, el origen de las láminas y su espesor.	Conteo en línea y mediante el parte de trabajo.	Por tipo de defecto con su causa. Turno: A y B. Material: láminas de 0,14 mm y 0,16 mm. Proveedor: línea de barnizado de origen.
Índices de satisfacción laboral	Escala Likert	Discreto	Líderes de Proyecto	Encuesta del Proyecto	Mes de noviembre	Para medir los niveles de satisfacción de los empleados antes y después de las mejoras.	A través de una encuesta impresa de satisfacción laboral	Turno: A y B.

2.2.2 Datos recolectados

Para este paso, se recolectaron datos del desperdicio de láminas durante el turno diurno, con el propósito de contrastarlos con los registros del sistema del proceso de impresión de láminas en la Línea 7, específicamente los generados por el inspector de fin de línea. Posteriormente, se realizó una prueba de igualdad de medias entre la muestra recolectada, presentada en la Tabla 2, y la información histórica disponible.

Tabla 2

Datos recolectados

Numero de muestra	Porcentaje de desperdicio de muestra recolectada	Numero de muestra	Porcentaje de desperdicio de muestra recolectada
1	22,10%	15	5,88%
2	1,69%	16	11,11%
3	2,94%	17	4,78%
4	3,32%	18	6,06%
5	0,06%	19	0,00%
6	2,63%	20	0,00%
7	3,37%	21	19,72%
8	0,34%	22	8,10%
9	0,28%	23	0,46%
10	1,01%	24	1,36%
11	3,60%	25	0,12%
12	12,04%	26	0,29%
13	0,23%	27	2,18%
14	3,33%	28	4,40%

Nota: Elaboración propia

2.2.3 Análisis de confiabilidad de datos

Para el análisis de confiabilidad, la Tabla 3 presenta la prueba T utilizada con el fin de comprobar si la media de los datos históricos y la de los datos recolectados presentan igualdad de medias. Las hipótesis de la prueba se plantean de la siguiente manera:

$\mu_{muestra}$: Media de porcentaje de desperdicio de láminas de datos recolectados

$\mu_{históricos}$: Media de porcentaje de desperdicio de láminas de datos históricos

$$H_0: \mu_{muestra} = \mu_{históricos}$$

$$H_1: \mu_{muestra} \neq \mu_{históricos}$$

Región de rechazo de H_0 : Valor $P < 0,05$

Tabla 3

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Datos Recolectados</i>	<i>Datos Históricos</i>
Media	0,04336155	0,03970661
Varianza	0,00322849	9,4937E-05
Observaciones	28	34
Varianza agrupada	0,00150504	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	60	
Estadístico t	0,36917195	
P(T<=t) dos colas	0,7132992	
Valor crítico de t (dos colas)	2,00029782	

Nota: Elaboración propia

El valor p obtenido en la prueba es de 0,7132 que es mayor a 0,05, que es el nivel de significancia de la prueba, lo que no se rechaza la hipótesis nula y se puede concluir que la media de porcentaje de muestra recolectada es igual a la media de porcentaje de desperdicio de los datos históricos.

2.2.4 Prueba de normalidad

Se realizó una prueba de hipótesis de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, presentada en la Tabla 4, con el propósito de determinar si la distribución de los datos históricos analizados se ajusta a una distribución normal. Las hipótesis de la prueba se plantearon de la siguiente manera:

H_0 : Los datos históricos provienen de una distribución normal H_1 : Los datos históricos no provienen de

Tabla 4

Test de normalidad de Shapiro-Wilk

Shapiro-Wilk normality test

W	P-Value
0,97322	0,5555

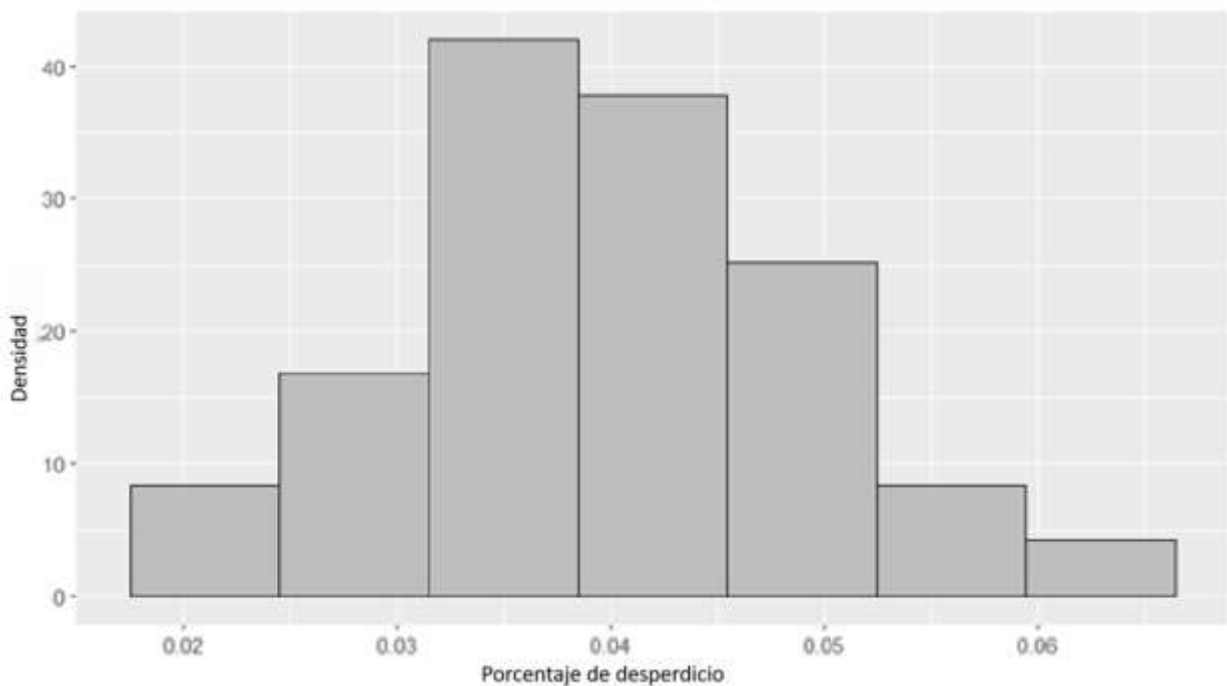
Nota: Test de normalidad realizado con los datos históricos, elaboración propia

Para el análisis se aplicó la prueba de normalidad correspondiente Shapiro–Wilk utilizando la herramienta R y considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. El resultado obtenido arrojó un p-valor 0,555 que es superior a 0,05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula. Se concluye que los datos analizados siguen una distribución normal.

Basado en la inspección visual del histograma de la Figura 7, la distribución del porcentaje de desperdicio de febrero hasta septiembre se inclina a ajustarse razonablemente bien a la de una distribución normal.

Figura 7

Histograma de los porcentajes de desperdicio



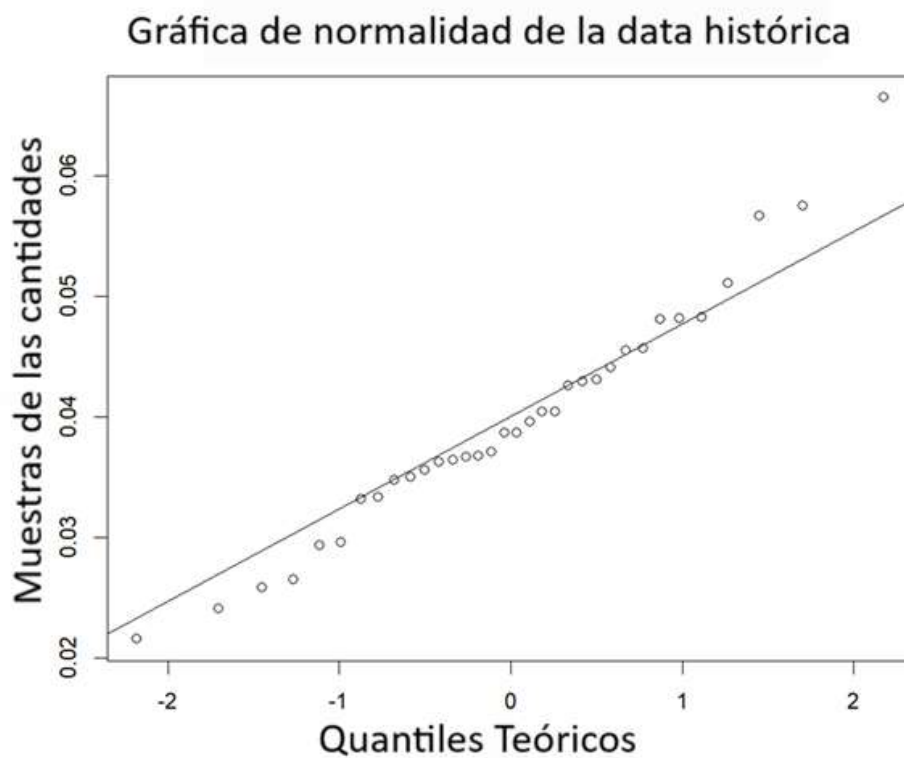
Nota: Elaboración propia

En la Figura 8, correspondiente al gráfico de normalidad de los porcentajes de desperdicio, se observa que la mayoría de los puntos en el centro de la distribución se alinean

estrechamente con la línea de referencia, lo que indica que la mayor parte de los datos sigue un comportamiento normal. A pesar de ligeras desviaciones en ambas colas, la marcada alineación de los puntos a lo largo de la línea sugiere que la distribución del porcentaje de desperdicio es aproximadamente normal.

Figura 8

Gráfica de normalidad de los porcentajes de desperdicio



Nota: Elaboración propia

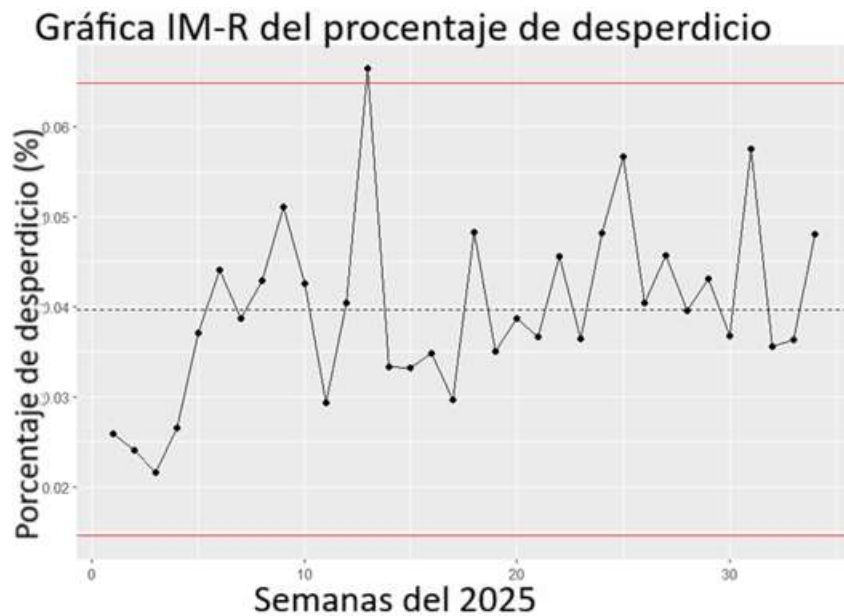
2.2.5 Gráfica de control

Con el objetivo de evaluar si el porcentaje semanal de desperdicio presenta un comportamiento estable, es decir, si las variaciones observadas semana a semana corresponden a causas comunes o si existen periodos con comportamientos atípicos, se elaboró una gráfica de control tipo I-MR (Individuals – Moving Range), presentada en la Figura 9.

La Figura 9 permite visualizar la evolución del porcentaje de desperdicio desde febrero hasta septiembre de 2025 y compararlo con los límites de control estadísticos calculados a partir de la variación natural del proceso. En la gráfica se observa que el proceso no se mantiene estable, ya que presenta un pico pronunciado que será analizado posteriormente.

Figura 9

Gráfica de control



Nota: Elaboración propia

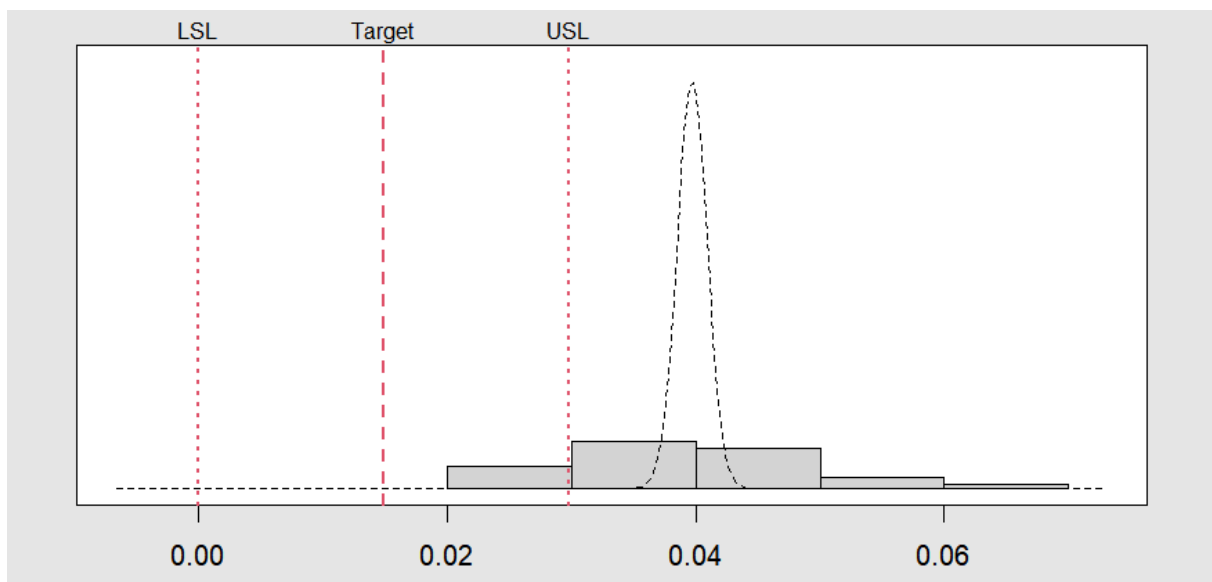
En la semana 18 se realizó un mantenimiento programado, lo que redujo la cantidad de láminas producidas y procesadas. Aunque el análisis se efectúa en términos porcentuales, una menor producción implica que cualquier cantidad de desperdicio representa un porcentaje más elevado. Este efecto distorsiona la interpretación habitual de los datos y provoca que, en la gráfica de control, dicha semana aparezca como un punto fuera de los límites naturales del proceso. Por ello, este punto debe analizarse con mayor detalle, ya que no necesariamente refleja una variación real del desempeño, sino una condición especial asociada al mantenimiento.

2.2.6 Análisis de capacidad

Los límites de especificación son determinados por los requerimientos del cliente. En este análisis, el límite superior de especificación ($USL = 2,98\%$) fue definido por la organización como el nivel máximo aceptable de desperdicio semanal. Dado que los porcentajes de desperdicio no pueden tomar valores negativos, el límite inferior de especificación se estableció en $LSL = 0\%$. Estos límites constituyen el marco de referencia para evaluar la capacidad del proceso, presentada en la Figura 10.

Figura 10

Análisis de capacidad



Nota: Elaboración propia

El índice de capacidad potencial del proceso (C_p) es 4,11, lo que indica que, en términos teóricos, el proceso presenta una alta capacidad, ya que valores de C_p mayores a 1,33 se consideran adecuados y valores superiores a 2 se asocian con niveles de desempeño de clase mundial. La dispersión de los datos es reducida y relativamente estable; sin embargo, el índice de capacidad real (C_{pk}) es $-2,74$, lo que evidencia una situación crítica, pues el proceso se encuentra completamente descentrado respecto al límite de especificación.

Un Cpk negativo indica que la media del proceso se encuentra fuera de los límites de especificación. En este caso, el promedio del porcentaje de desperdicio supera el límite superior establecido (USL = 2,98 %), evidenciando que el proceso está descentrado.

2.2.7 Estratificación

A continuación, la variable se estudió en los siguientes aspectos.

2.2.7.1 Por turno.

En la Tabla 5 se muestra la prueba usada para encontrar una diferencia entre ambos turnos, con el fin de obtener pistas que nos permitan explicar el elevado nivel de desperdicio de la línea.

Tabla 5

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	Turno A	Turno B
Media	0,039622091	0,041026827
Varianza	0,000112288	0,000185498
Observaciones	34	34
Varianza agrupada	0,000148893	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	66	
Estadístico t	-0,474659171	
P(T<=t) dos colas	0,636596776	
Valor crítico de t (dos colas)	1,996564419	

Nota: Elaboración propia

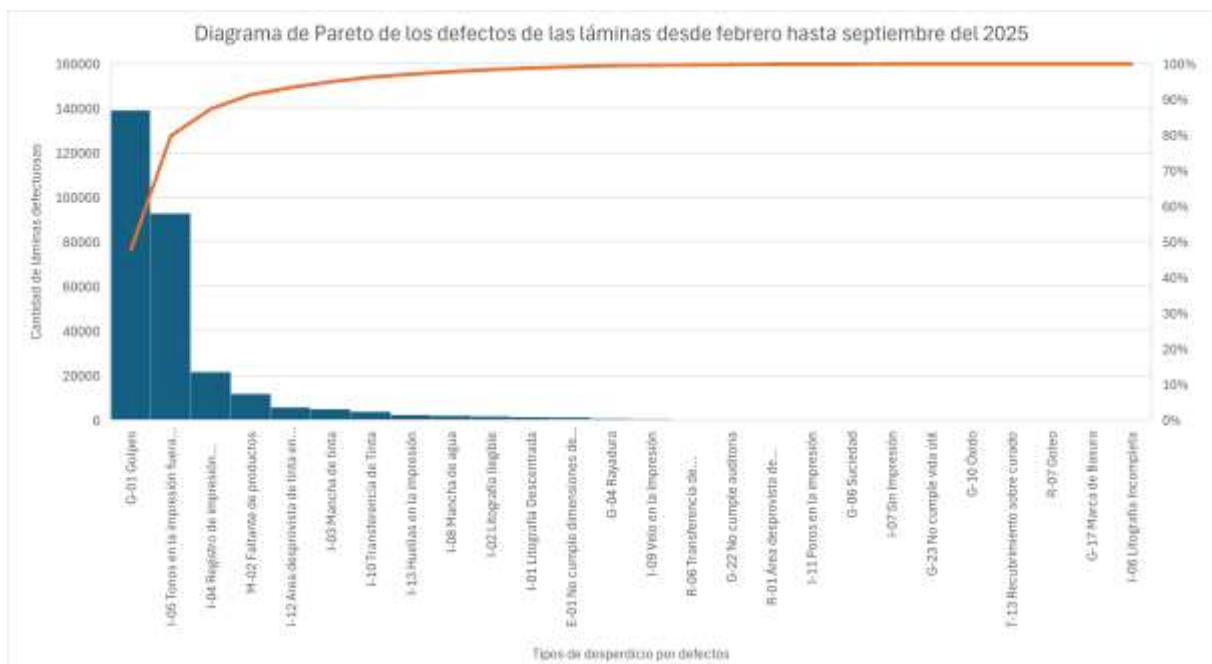
Tras realizar una prueba de hipótesis para comparar las medias de desperdicio entre el turno A y el turno B, se obtuvo un estadístico t de $-0,4747$ y un valor p de $0,6366$, superior al nivel de significancia de $0,05$. Dado que el valor absoluto del estadístico t es menor que el valor crítico ($1,9966$), se concluye que no existe evidencia estadísticamente significativa para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, las medias de desperdicio entre ambos turnos pueden considerarse estadísticamente iguales, lo que sugiere que el turno de trabajo no tiene un efecto relevante sobre el nivel de desperdicio generado.

2.2.7.2 Por tipo de defecto.

La línea de impresión genera diversos defectos, los cuales pueden clasificarse en defectos generales, de impresión y de mano de obra; cada categoría contiene sus respectivas causas. En la Figura 11 se observa que únicamente dos defectos concentran el 80 % del desperdicio total generado en la Línea 7: los golpes en láminas, con un 47,85 %, y los tonos de impresión fuera del patrón de color, con un 31,96 %. Esto indica que el problema se encuentra altamente focalizado en un número reducido de causas.

Figura 11

Diagrama de Pareto



Nota: Elaboración propia

Al observar la Figura 12, se identifica que el defecto más recurrente en todas las semanas corresponde a los golpes en las láminas, con un total de 138 976 unidades dentro del periodo de estudio. El segundo defecto corresponde a los tonos de impresión fuera de especificación, con 92 830 unidades. La diferencia en las cantidades de desperdicio entre ambos defectos es significativa, ya que los golpes se presentan de forma constante a lo largo de las semanas,

mientras que los defectos de tono estuvieron ausentes únicamente en tres semanas del periodo analizado.

Figura 12

Diagrama de barra de láminas defectuosas por golpes y tonos de impresión



Nota: Elaboración propia

2.2.7.3 Por espesor del material.

Para corroborar si existen diferencias entre los espesores de las láminas, se realizó una prueba t de Student. Los resultados, presentados en la Tabla 6, permiten comparar sus medias. Las hipótesis de la prueba se plantean de la siguiente manera:

$\mu_{0,14mm}$: Media de porcentaje de desperdicio de láminas con espesor 0,14mm

$\mu_{0,16mm}$: Media de porcentaje de desperdicio de láminas con espesor 0,16mm

$$H_0: \mu_{0,14mm} = \mu_{0,16mm}$$

$$H_1: \mu_{0,14mm} \neq \mu_{0,16mm}$$

Región de rechazo de H_0 : Valor $P < 0,05$

Tabla 6

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	Espesor 0,14mm	Espesor 0,16mm
Media	0,042685717	0,03423049
Varianza	0,000175563	0,000148028
Observaciones	34	34
Varianza agrupada	0,000161795	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	66	
Estadístico t	2,740733745	
P(T<=t) dos colas	0,007878644	
Valor crítico de t (dos colas)	1,996564419	
P(T<=t) una cola	0,003939322	
Valor crítico de t (una cola)	1,668270514	

Nota: Elaboración propia

Tras realizar la prueba de hipótesis para comparar las medias de desperdicio correspondientes a los espesores de 0,14 y 0,16, se obtuvo un estadístico t de 2,74, superior al valor crítico, por lo que se rechaza la hipótesis nula. En consecuencia, existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar que las medias de desperdicio de ambos espesores no son iguales.

Posteriormente, se realizó una prueba t de Student de una cola con el objetivo de determinar si la media de desperdicio correspondiente al espesor de 0,14 es mayor que la del espesor de 0,16. Las hipótesis se plantean de la siguiente manera:

$$H_0: \mu_{0,14 \text{ mm}} \leq \mu_{0,16 \text{ mm}}$$

$$H_1: \mu_{0,14 \text{ mm}} \geq \mu_{0,16 \text{ mm}}$$

Se consideró un nivel de significancia de 0,05, con un valor crítico de $t = 1,6683$. El resultado obtenido presentó un valor $p = 0,0039$, inferior al nivel de significancia, por lo que se rechaza la hipótesis nula. En consecuencia, se concluye que la media de desperdicio del espesor 0,14 es significativamente mayor que la del espesor 0,16. Este resultado puede explicarse porque

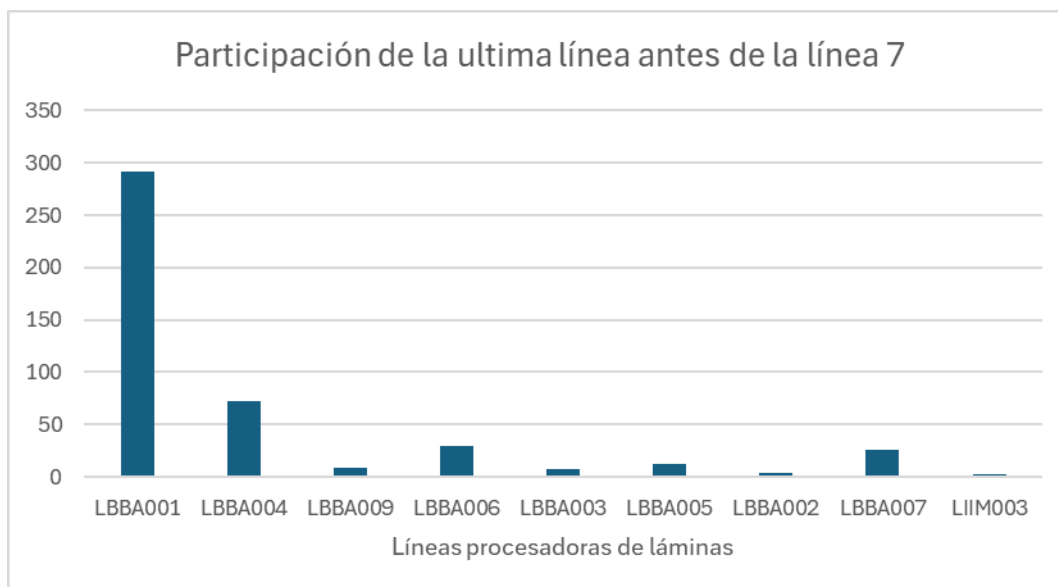
el material de menor espesor presenta menor resistencia durante el procesamiento y, adicionalmente, se utiliza con mayor frecuencia debido a su menor costo en comparación con el espesor de 0,16 mm.

2.2.7.4 *Por línea barnizadora de origen.*

En la Figura 13 se presenta la frecuencia de participación de las líneas que suministran láminas a la Línea 7 de impresión, destacándose principalmente las líneas 1, 4, 5 y 6. No obstante, esta participación no implica de manera directa que dichas líneas tengan influencia en el desperdicio generado en la línea de impresión.

Figura 13

Diagrama de barra de líneas procesadoras de láminas para la línea 7



Nota: Elaboración propia

La Línea 7 recibe láminas provenientes de múltiples líneas barnizadoras, por lo que resulta necesario identificar si existe una diferencia significativa entre las líneas de origen que permita determinar si el desperdicio también está influenciado por la calidad del material recibido. Para ello, se empleó un ANOVA de un factor (Analysis of Variance), presentado en la Tabla 7, que permite comparar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los promedios del porcentaje de desperdicio asociados a las distintas líneas de procedencia del material.

H_0 : Los promedios de porcentaje de desperdicio son iguales para todas las líneas de proveniencia

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7$$

H_1 : Al menos una línea de proveniencia tiene un promedio de porcentaje de desperdicio diferente.

Región de rechazo H_0 : Valor $P < 0,05$

Tabla 7

Anova de las líneas provenientes

Nivel de sig.: 0,05	Grados de libertad	Sum Square	Mean Square	F value	Valor P
Línea de Origen	7	0,0152	0,00217	0,853	0,543
Residuales	1122	2,8510	0,00254		

Nota: Elaboración propia

El análisis ANOVA aplicado al porcentaje de desperdicio generado en la Línea 7 presenta un valor p de 0,543, superior al nivel de significancia establecido de 0,05. En consecuencia, no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de desperdicio asociadas a las distintas líneas de origen del material.

2.2.8 Problema enfocado

Después de analizar los datos de desperdicio de láminas, se determinó que el enfoque del proyecto, presentado en la Figura 14, se centrará en identificar las causas de los golpes en las láminas, los cuales incrementan el porcentaje de desperdicio en la Línea 7 de impresión. Mediante la herramienta 3W–2H, se procede a definir el problema específico del proyecto.

Figura 14

Definición del problema enfocados



Nota: Elaboración propia

El porcentaje de láminas con golpes contribuye en promedio con un 1,86 % al desperdicio total del proceso de impresión de la Línea 7 desde febrero hasta septiembre de 2025, lo que representa el 47,09 % del desperdicio total.

2.3 Análisis

A partir del estudio de los datos obtenidos en la etapa anterior, se procedió a su análisis mediante herramientas como la lluvia de ideas, el diagrama de Ishikawa, la matriz causa–efecto, la matriz impacto–esfuerzo y el análisis de los 5 Porqués. Finalmente, se elaboró un plan de verificación de causas con el fin de comprobar si las causas identificadas explican efectivamente el problema.

2.3.1 Lluvia de ideas

A través de una lluvia de ideas realizado a lo operadores y personal de cargo superior se presentan ideas expuestas por ellos en la Figura 15.

Figura 15

Lluvia de ideas del problema enfocado



Nota: Elaboración propia

2.3.2 Diagrama Ishikawa

Las ideas identificadas se clasificaron de acuerdo con su categoría en un diagrama de Ishikawa tal como se muestra en la Figura 16.

Figura 16

Diagrama Ishikawa del problema enfocado



Nota: Elaboración propia

2.3.3 Matriz causa-efecto

Con el fin de evaluar cada idea, se elaboró un diagrama causa-efecto para priorizar y seleccionar las principales causas mediante el método 80/20. Los resultados de esta evaluación se presentan en las Tablas 8 y 9.

Tabla 8*Diagrama causa-efecto*

Importancia del cliente	1	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	No. Causa	Frecuencia
Causas	Gerente de litográfica	Jefe de área	Supervisor	Prensista 1	Prensista 2	Fin de Línea 1	Fin de línea 2	Barnizador 1	Barnizador 2	Apilador	Colaborador 1	Colaborador 2	Colaborador 3	No. Causa	Frecuencia	
Bultos mal apilados que ingresan al alimentador	3	9	9	3	9	9	9	9	9	3	9	3	9	C 1	9	
Las láminas ingresan a la línea de impresión con golpes previos	9	9	9	3	9	9	3	9	9	3	9	9	9	C 2	9	
Problemas de adherencia y funcionamiento del sistema alimentador	1	3	3	1	3	1	3	9	3	1	1	1	0	C 3	9	
Desajuste en la sincronización del sistema de transporte de bandas	1	3	3	1	3	1	9	1	1	1	1	3	3	C 4	1	
Velocidad inadecuada de transportación a la salida de la barnizadora	1	3	1	3	1	1	9	3	3	1	3	1	3	C 5	1	
Cauchos del horno deteriorados	0	1	0	9	1	1	3	1	9	3	3	1	0	C 6	1	
Ganchos metálicos deformados	3	3	3	9	9	3	3	3	9	9	9	1	1	C 7	9	
Fuertes turbulencias de aire en las láminas	1	3	3	3	0	1	3	0	3	1	1	3	3	C 8	1	
El apilador en fin de línea genera enredos en las láminas	3	3	3	3	9	1	9	9	1	3	3	9	9	C 9	9	
Bultos mal posicionados en el volteador	1	1	1	1	1	0	3	9	9	0	1	3	1	C 10	1	
Inadecuada practica del montacargas durante la transportación de los bultos	3	1	9	1	1	1	3	9	1	1	1	1	3	C 11	1	
Aplicación tosca de la “vara” para la colocación del bulto en el alimentador	0	1	1	1	9	0	1	1	3	1	1	3	9	C 12	3	
Mantenimiento de la barnizadora, horno, cuerpos de prensa y alimentador	1	1	3	9	9	0	9	9	9	9	3	9	3	C 13	9	
Incorrecta calibración en el apilador	3	0	1	9	1	0	9	9	3	3	1	9	1	C 14	1	

Tabla 9*Tabla de resultados de diagrama causa-efecto*

Número de causas	Promedio	Frecuencia	Promedio por frecuencia	Porcentaje relativo	Porcentaje acumulado
C1	25,85	9	232,62	19,44%	19,44%
C2	24,92	9	224,31	18,75%	38,19%
C13	24,08	9	216,69	18,11%	56,30%
C7	20,15	1	181,38	15,16%	71,46%
C9	17,85	1	160,62	13,42%	84,88%
C3	9,38	1	84,46	7,06%	91,94%
C12	8,46	9	25,38	2,12%	94,06%
C14	15,31	1	15,31	1,28%	95,34%
C6	11,00	9	11,00	0,92%	96,26%
C11	10,31	1	10,31	0,86%	97,12%
C10	10,00	1	10,00	0,84%	97,96%
C5	9,54	3	9,54	0,80%	98,75%
C4	8,62	9	8,62	0,72%	99,47%
C8	6,31	1	6,31	0,53%	100,00%

Nota: Elaboración propia

2.3.4 Plan verificación de causas

Las principales causas seleccionadas corresponden a las causas 1, 2, 13 y 7, las cuales serán planteadas a un análisis de verificación con base en los criterios y métodos presentados en la Tabla 10.

Tabla 10*Plan de verificación de causas*

Causa potencial	Teoría acerca del impacto	¿Cómo verificarlo?	Criterio	Estatus
Bultos mal apilados que ingresan al alimentador	Las láminas que no se alinean correctamente en el bulto generan golpes en el proceso de impresión	Inspeccionar los bultos al recibirla en el tren de alimentación	más de 1 golpe visible en los bordes de los bultos	Confirmada
Las láminas ingresan a la línea de impresión con golpes previos	Las láminas con golpes generan problemas que llevan a golpes en la línea de impresión		Más de 1 bulto mal apilado	Confirmada
Mantenimiento de la barnizadora, horno, cuerpos de prensa y alimentador	Los mantenimientos ayudan a la reducción de láminas con golpes	Revisar historial de trabajo antes y después de un mantenimiento	Las medias antes del mantenimiento de desperdicio son igual a la media de desperdicio después del mantenimiento	No Confirmada
Ganchos metálicos deformados	Los ganchos en la entrada al horno están deformados	Inspección visual de los ganchos a la salida del horno	Más de 1 gancho con problemas	Confirmada

Nota: Elaboración propia

2.3.5 Causa 1: Bultos mal apilados que ingresan al alimentador

Para la verificación de esta causa se realizó un Gemba dentro de línea de impresión, se inspeccionaron los bultos que llegan a la línea de impresión y se verificó cuantos bultos llegan con un estado de desalineación de las láminas y además la desalineación al inicio del bulto muy notable superando de más de 5 mm, varios ejemplos de durante la etapa se muestran en la Figura 17.

Figura 17

Bulto de láminas con mal apilado



2.3.6 Causa 2: Las láminas ingresan con golpes previos

La causa número 2 es una de las más comunes, en casos es muy difícil de identificar a simple vista, una sola lámina en el borde con un pequeño doblado puede llegar a causar paradas en la línea completamente generando 25 veces más desperdicio por quedar atrapados en los cuerpos de impresión generando que algunos queden atrapados y se golpeen, un golpe pequeño es difícil de identificar por el peso de las láminas que están por encima de ella, varios ejemplos de la causa se presentan en la Figura 18.

Figura 18

Bulto de láminas con golpe leve en los bordes



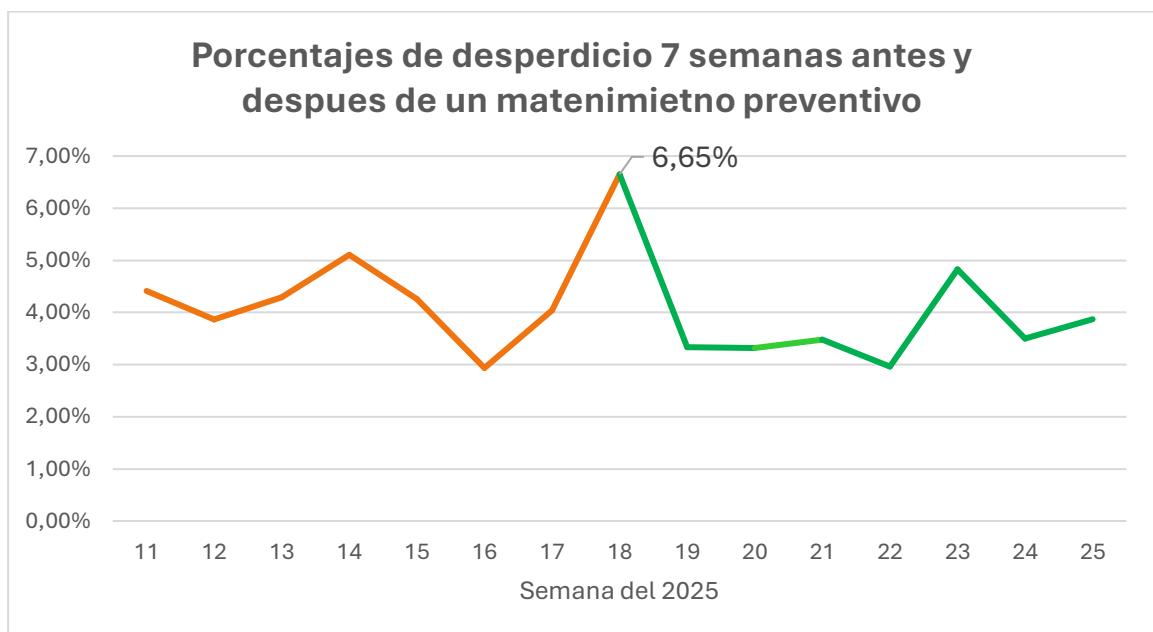
Al culminar con la parada ocasionada por el golpe en las láminas, estas son separadas del proceso y clasificada como desperdicio con razón de Golpe, este desperdicio es asumido por la línea de impresión, afectando en tiempo y eficiencia de esta.

2.3.7 Causa 13: Mantenimiento

El análisis estadístico fue hecho mediante una prueba t para igualdad de medias, se realizó una prueba para un mantenimiento correctivo y uno preventivo, mostrados en la Figura 19 y Figura 20.

Figura 19

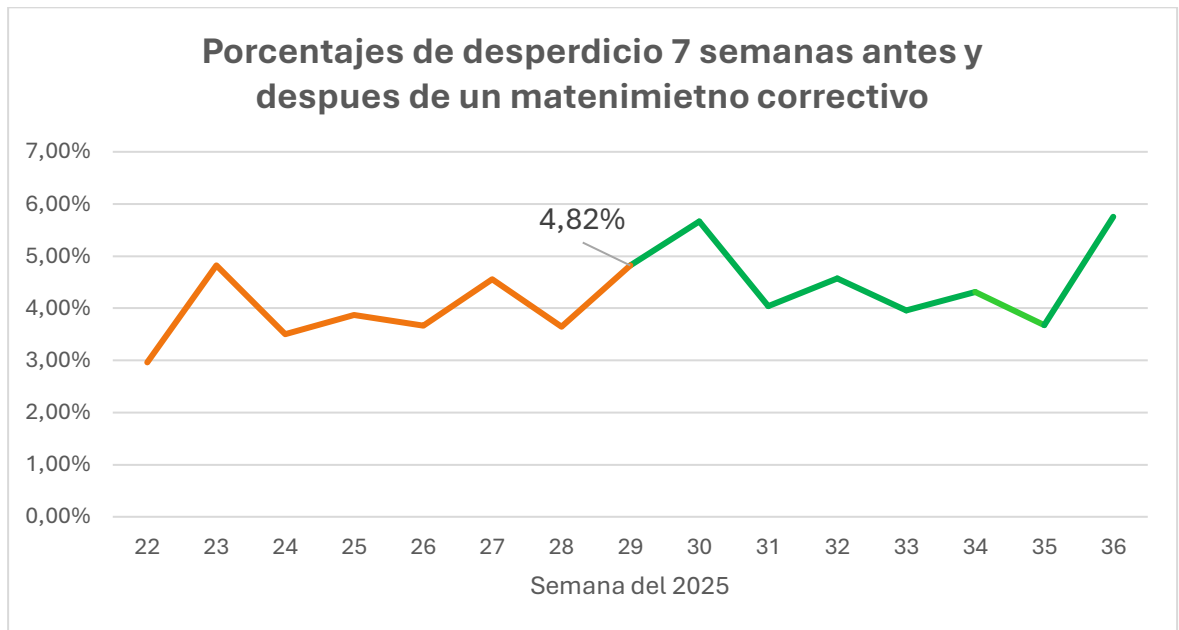
Diagrama de porcentajes antes y después de un mantenimiento preventivo



Nota: Elaboración propia

Figura 20

Diagrama de porcentajes antes y después de un mantenimiento correctivo



Nota: Elaboración propia

Para la siguiente prueba se presenta la correspondiente Hipótesis y el Valor-P para la prueba en la Tabla 11:

μ_{before} : Average waste percentage of Line 7 before preventive or corrective maintenance

μ_{after} : Average waste percentage of Line 7 after preventive or corrective maintenance

Prueba de Hipótesis

$$H_0: \mu_{después} = \mu_{antes}$$

$$H_1: \mu_{después} \neq \mu_{antes}$$

Región de rechazo de H_0 :

$$\text{Valor } P < 0,05$$

Tabla 11

Prueba de t de Student para la causa de mantenimiento

Tipo de mantenimiento	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo
Valor - P	0,15	0,1001

El valor P de ambos tipos de mantenimientos es mayor a 0,05, se concluye que no hay diferencia significativa después del mantenimiento, no existe mejora del defecto, o reducción del desperdicio.

2.3.8 Causa 7: Ganchos metálicos deformados

Los ganchos metálicos transportan las láminas de una en una, el día de observación del gancho se presentó un el caso de la Figura 21, en donde se procedió a colocar un amarre para contrarrestar esa deformación en 2 ganchos. Los ganchos tardan un aproximado de 4 a 6 minutos en cambiarse y el responsable a esa tarea es el inspector de fin de línea.

Figura 21

Ganchos deformados con amarre de liencillo no reemplazados



2.3.9 Análisis causa raíz

2.3.9.1 5 Porques bultos mal apilados que ingresan al alimentador.

Priorizadas las causas potenciales y verificadas, se continuo con las causas número 1, 2 y 4, el siguiente paso fue encontrar sus causas raíz usando la metodología 5 Porques la cual ayuda a obtener los resultados de las Tablas 12 y 13, provenientes de la misma causa potencial, el primer caso la investigación nos llevó a líneas barnizadoras lo cual se realizó la búsqueda de las raíces en las líneas con más participación en el proceso de impresión de láminas.

A lo largo de la búsqueda de las causas raíz se involucró a procesos anteriores como barnizado, donde participaron 4 líneas con sus respectivas siglas LBBA1 (línea barnizadora 1), LBBA4 (línea barnizadora 4), LBBA5 (línea barnizadora 5) y LBBA6 (línea barnizadora 6), además de iniciar en la línea de impresión (LIIM007).

Tabla 12

Análisis 1 causa raíz bultos mal apilados que ingresan al alimentador

Causa potencial	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 3	Ronda 4	Ronda 5	Ronda 6	Ronda 7
Bultos mal apilados que ingresan al alimentador	LIIM007	LBBA1					
	Porque las líneas barnizadoras no apilan correctamente	Porque las láminas entran desviado al apilador	Porque la lámina no entra bien en los ganchos	Porque los ganchos están desalineados	Porque los ganchos se desnivelan por enredos con las láminas	Porque las bandas no agarran bien a láminas	Porque las bandas están sucias
		Porque las láminas llegan con golpes al apilador	Porque los ganchos están desalineados o torcidos	Porque los ganchos no son cambiados a tiempo			
		LBBA4					
		Porque se enredan las láminas en el apilador	Porque las láminas llegan con golpes	Porque los ganchos están desalineados o torcidos	Porque los ganchos no son cambiados a tiempo		
		Porque se pegan a las bandas	Porque las bandas están sucias	Porque se descuida la limpieza de las bandas			
		Porque el pallet se mueve al momento de apilar	Porque las bases del pallet están desgastadas				

Tabla 13

Análisis causa raíz 2 Bultos mal apilados que ingresan al alimentador

Causa potencial	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 3	Ronda 4
Bultos mal apilados que ingresan al alimentador	Porque las líneas barnizadoras no apilan correctamente	LBB5		
		Porque no se usan los pallets adecuados para el tipo de lámina	Por descuido de planificación de materiales	
		Porque se desplazan al momento de salir del apilador	Porque la velocidad de los rodillos es mayor a la adecuada	Porque no se puede ajustar, solo cuenta con una velocidad
		Porque el bulto no reposo lo suficiente	Porque había prisa para colocar el siguiente pallet	
		LBB6		
		Porque la velocidad de frenado no es la adecuada	Porque se calibra mediante una perilla que no ofrece la precisión necesaria	
		Porque se coloca pequeñas cantidades de láminas aparte		
	Porque son apilados por apiladores de aire	LBB5		
		Porque el cajón no se posiciona bien	Porque no se calibra bien la apiladora	Porque realiza las calibraciones basándose únicamente en su criterio

2.3.9.2 5 Porques ganchos transportadores deformados o desnivelados.

La siguiente causa investigada en la línea de impresión 7 nos resultó 4 causas raíz, realizada a varios operadores de la línea en diferentes turnos. Resultados presentados en la Tabla 14.

Tabla 14

Análisis de la causa raíz ganchos deformados

Causa potencial	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 3
Ganchos metálicos deformados o desnivelados	LIIM007		
	Porque las láminas se enredan a la entrada al horno	Porque la cadena de transporte de gancho está muy abajo	Porque sobrepasan el rango permitido de (-2% a -4%)
	Porque se calibran mal las bandas	Porque se hacen con ajuste con medidas sin instrumentos según	Porque el operador cuenta con la experiencia y se basa en su criterio
	Las cadenas provocan que los ganchos topen con las guías	Las cadenas no están tensadas	
	Porque los ganchos no son cambiados	Porque Los ganchos son cambiados por decisión de ellos mismos	

2.3.9.3 5 Porques las láminas ingresan con golpes previos.

La última causa potencial se realizó a varios operadores de diferentes turnos para corroborar si existen respuestas comunes entre ellos, lo que nos lleva a obtener una gran variedad de causas raíz presentados en la Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 17.

Tabla 15

Análisis 1 causa raíz las láminas ingresan con golpes previos

Causa potencial	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 3	Ronda 4	Ronda 5
Las láminas ingresan a la línea de impresión con golpes de líneas anteriores	LBBA001				
	Porque no se sincroniza bien las bandas con la barnizadora	Porque se pierde la sincronización cuando el inspector de fin de línea para la línea	Porque se enreda láminas en fin de línea	Porque los ganchos están desalineados o torcidos	Porque los ganchos no son cambiados a tiempo
	Por falla en el sistema del apilador	El motor del apilador se sobrecalienta	Porque no tiene indicador de temperatura		
	Porque no frenan correctamente a la salida del horno	Porque las bandas se desgastan	Porque las bandas son colocadas al revés para su uso	Porque las bandas no son cambiadas por el mecánico	Porque no está disponible

Tabla 16

Análisis 2 causa raíz las láminas ingresan con golpes previos

Causa potencial	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 3	Ronda 4	Ronda 5
Las láminas ingresan a la línea de impresión con golpes de líneas anteriores	LBBA004				
	Porque no frenan correctamente a la entrada al horno	Falla la banda del sistema de vacío	Porque la se hace calibración incorrecta	Porque el sistema de calibración no cuenta con unidades medibles	
		Porque el sistema de frenado de imán se calibra mal	Porque la calibración no cuenta con unidades medibles		
	Porque el apilador deja de bajar de nivel	Porque el apilador muestra la notificación de alerta	Porque el sensor del apilador detecta la presencia de una mano u otro objeto		
	Porque el gancho se agarrota	Porque las cadenas se les acaba la lubricación	Porque la lubricación se da 1 vez a la semana o cuando se necesita		
	Porque las láminas llegan desviadas a las bandas	Porque las bandas están picadas	Porque se deterioran con los enredos con las láminas	Porque los ganchos están desalineados o torcidos	Porque los ganchos no son cambiados a tiempo

Tabla 17

Análisis 3 causa raíz las láminas ingresan con golpes previos

Causa potencial	Ronda 1	Ronda 2	Ronda 3
Las láminas ingresan a la línea de impresión con golpes de líneas anteriores	LBBA05		
	Porque la velocidad es alta para el material	Porque se calibra en base a su criterio	Porque si hay guía, pero está ubicado en el área de fin de línea
	Porque la almohadilla no amortigua bien la lámina	Porque se le da mucha presión a la almohadilla	
	LBBA006		
	Porque las láminas topan el caucho de la entrada al horno	Porque el sistema de frenado de vacío no es suficiente	Porque las bandas del sistema están sucias de barniz
	Porque se producen enredos en las láminas	Porque los ganchos están desalineados o torcidos	Porque los ganchos no son cambiados a tiempo

2.4 Mejora

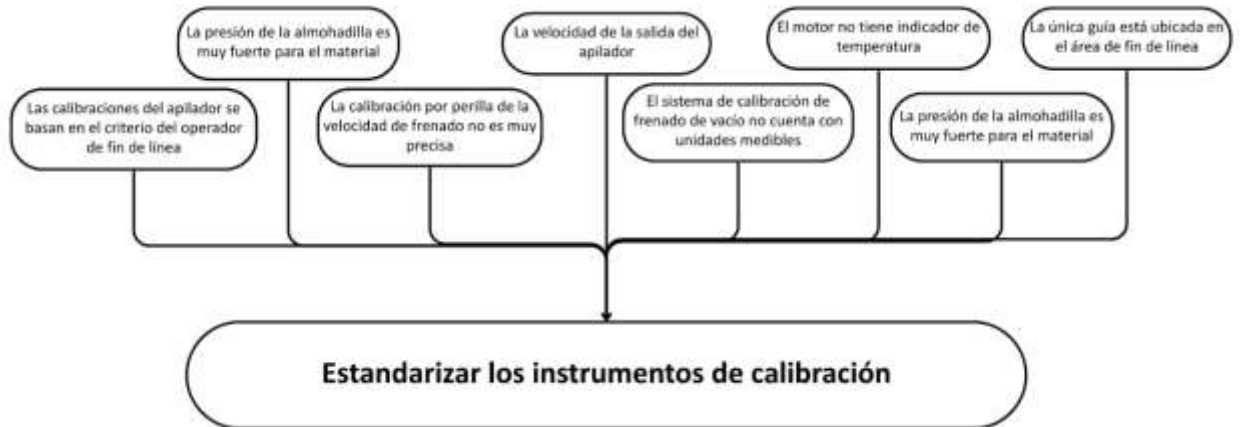
A partir de las causas raíz identificadas, se planteó las mejoras, que fueron socializadas y validadas junto con el equipo de trabajo de la empresa para acordar detalles que estén permitidos y tareas a los operadores de la línea.

Para estandarizar la calibración en las líneas barnizadoras y de impresión, se recomendó unificar el sistema de unidades de los instrumentos de medición, permitiendo un mejor control de la velocidad de bandas, el frenado y la presión de las almohadillas, mejorando así la precisión del proceso

Las causas raíz se agrupan para conformar una solución, las causas se observan en la Figura 22.

Figura 22

Solución estandarización de instrumentos de calibración



La segunda solución, en la Figura 23, es propuso un diagnóstico enfocado en el cuerpo del horno y sus componentes en conjunto con su aumento de la lubricación de las cadenas, además de ser considerado uno de los causales iniciales a la deformación de ganchos metálicos transportadores debido al desgaste.

Figura 23

Solución notificaciones preventivas y mantenimiento de cadenas



El sistema actual de limpieza establece una limpieza cada tres bultos de láminas, pero no existe un mecanismo que verifique su cumplimiento. Las consultas a los operadores indicaron que la limpieza adecuada reduciría enredos de láminas y ganchos deformados; sin embargo, algunas líneas no cuentan con las herramientas completas, como el frasco de solvente, en cambio las comparten entre ellos, lo que dificulta cumplir el sistema establecido. Las causas raíz asociadas a esta solución se presentan en la Figura 24.

Figura 24

Solución estandarización de limpieza de bandas



La siguiente solución, la Figura 25, fue agregar un registro en el sistema de control de la empresa en el apartado de comentarios, donde los operadores tienen la disponibilidad de utilizarlo en su puesto de trabajo y que les permita escribir comentarios acerca de los ganchos que estarán identificados mediante códigos para cuando necesiten cambiarse el mecánico acuda directamente al gancho.

Figura 25

Solución mejora del sistema de identificación de ganchos



Los pallets con los trabaja las líneas son considerados como no valorados, es decir, no le cuesta a la empresa debido a su rotación dentro de la empresa, es cual es beneficioso, la solución en la Figura 26, el cual es clasificar los pallets para que los operadores sepan que está en buenas condiciones y el departamento encargado mande a acondicionamiento para su mejora o reemplazo.

Figura 26

Solución clasificación de pallets por su estado



La solución final, detallada en la Figura 27, se diseñó para mitigar errores operativos recurrentes relacionados con la gestión de notificaciones en el panel del apilador de las líneas barnizadoras. Se identificó que la omisión manual de estas alertas impedía el descenso automático del bulto, lo que resultaba en un apilamiento defectuoso. Para corregir esta desviación, se implementó una alerta visual de color amarillo, la cual sirvió como indicador crítico para que el operador gestionara el panel oportunamente y asegurara la continuidad del proceso automatizado

Figura 27

Solución señalización visual



2.4.1 Evaluación de priorización de las soluciones propuestas

Se evaluaron las soluciones propuestas mediante una matriz de impacto-esfuerzo, detallada en el Apéndice A. En este proceso participaron expertos técnicos de los departamentos de mantenimiento mecánico y eléctrico, quienes actuaron como contribuyentes clave para determinar la viabilidad de cada alternativa. La metodología permitió jerarquizar las intervenciones basándose en su eficacia operativa y los recursos requeridos para su ejecución.

2.4.2 Gráfica impacto-esfuerzo

Después de la evaluación de las soluciones propuestas, estas se graficaron en la Figura 28 según su impacto y esfuerzo, con el fin de seleccionar aquellas con impacto bajo, medio y alto esfuerzo de implementación. La respectiva leyenda se presenta en la Tabla 18.

Figura 28

Gráfica impacto-esfuerzo

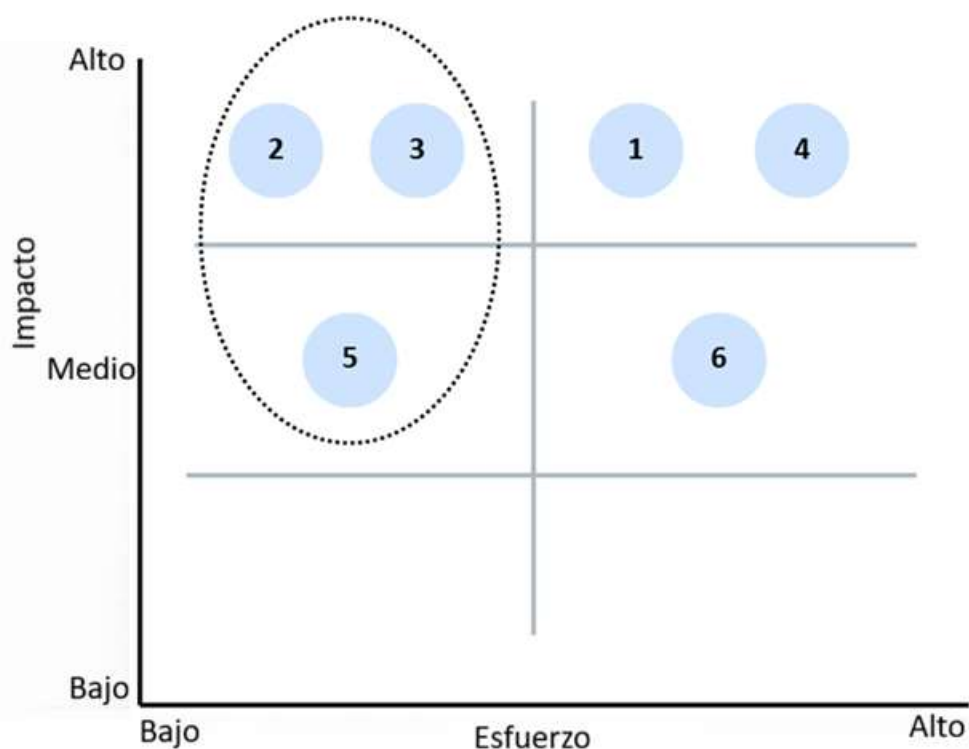


Tabla 18*Número de soluciones de la gráfica impacto-control*

N.	Soluciones Propuestas
1	Mejora del sistema actual de identificación de ganchos deformados
2	Notificaciones preventivas y mantenimiento del sistema de cadena
3	Clasificación de pallets por estado
4	Estandarización de los instrumentos de calibración
5	Estandarización del sistema de limpieza bandas
6	Señalización visual para alertas y notificaciones de apilador

2.4.3 Soluciones

2.4.3.1 Notificaciones preventivas y mantenimiento del sistema de cadena.

Se programaron las actividades de lubricación con una periodicidad de entre tres y cuatro días, estableciendo este rango como el margen de maniobra para el operador. Dicha flexibilidad se determinó en función de variables como el tipo de barniz utilizado y el sector de lubricación. Asimismo, las tareas se distribuyeron equitativamente entre los turnos A y B para optimizar la carga laboral. Los insumos definidos para este proceso incluyeron lubricante de cadena, vasos desechables y una brocha; esta última se designó para ser retirada y entregada en bodega tras su uso, cumpliendo con las normativas de inocuidad al ser considerada un potencial contaminante en el área de trabajo.

En la segunda etapa del diseño, se estableció un protocolo de diagnóstico a cargo del operador, quien recibió la potestad de reportar anomalías en el cuerpo del horno de secado de manera inmediata. Este procedimiento tuvo como objetivo generar notificaciones automáticas en el sistema de control de la empresa para el departamento de mantenimiento, fortaleciendo la

participación activa del personal operativo. El sistema se configuró para que el personal de mantenimiento interviniera según su disponibilidad, priorizando las paradas programadas o los cambios de formato en la línea, con el fin de evitar afectaciones al tiempo operativo.

2.4.3.2 Clasificación de pallets por estado.

La clasificación vista en la Figura 29 y evaluación del estado de los pallets se realizará de manera sistemática por el operador previo a su utilización en el proceso productivo, con el propósito de prevenir el uso de pallets deteriorados que puedan generar inestabilidad de la carga, riesgos operativos y afectaciones a la continuidad del proceso en las líneas de barnizado y en la línea de impresión.

Se estableció un sistema visual de clasificación mediante el uso de etiquetas codificadas por colores, que permita identificar de forma rápida y estandarizada la condición de los pallets. La etiqueta verde identificará pallets aptos para su uso en producción y despacho, mientras que la etiqueta roja identificará pallets no aptos, los cuales deberán ser retirados inmediatamente del área de producción.

Para la evaluación de la condición del pallet, el operador deberá verificar los siguientes criterios:

- **Estructura general:** ausencia de tablas rotas, sueltas o faltantes.
- **Base del pallet:** sin desgaste excesivo, deformaciones o fracturas.
- **Elementos de fijación:** clavos o sujetadores sin sobresalir y correctamente asegurados.
- **Estabilidad:** el pallet no debe presentar balanceo o inestabilidad al colocar la carga.

Figura 29*Clasificación de pallets*

En caso de que un pallet no cumpla con alguno de los criterios establecidos, el operador deberá asignar la etiqueta roja en el pallet.

Previo a la implementación del sistema, se impartirá una capacitación al personal operativo sobre los criterios de evaluación, el uso correcto del sistema de etiquetado y la adecuada selección de pallets.

2.4.3.3 Estandarización del actual sistema de limpieza bandas.

Se estableció la implementación de un kit básico para cada línea barnizadora y de impresión, con el propósito de reforzar el sistema de limpieza vigente compuesto por solvente y liencillos. Estos elementos se ubicaron estratégicamente cerca de la banda flexible al final de la línea, tal como se ilustra en la Figura 30. El procedimiento diseñado asignó al operador la responsabilidad de recargar el contenedor de solvente y preparar seis liencillos al inicio de cada jornada. Al concluir el turno, el estado de los liencillos y el consumo del solvente se utilizaron como indicadores de verificación de la limpieza de las bandas; no obstante, se determinó que estos indicios requieren de una validación complementaria para asegurar la consistencia del proceso.

Figura 30

Kit de limpieza propuesto

**2.4.3.4 Presupuesto económico de la implementación.**

En este apartado se determinó el presupuesto y los costos asociados a la ejecución de las soluciones propuestas, estructurados en un cronograma de implementación semanal y por frecuencia de aplicación. Se estimaron los costos operativos que la organización asumiría para el mantenimiento y la sostenibilidad de las mejoras en el tiempo, asegurando la viabilidad económica del proyecto.

En el primer punto esta la lubricación de la cadena con un estimado de uso de lubricante por línea en una sola lubricación, el volumen estimado esta entre los rangos de 800mL a 1000mL, representando en la Tabla 19, un costo de \$34,19 a \$42,74 USD, dentro de una semana ideal que se realice 2 veces la lubricación el costo estaría \$68,38 – \$85,48, teniendo en cuenta que esto es un mantenimiento preventivo que alivia directamente a las cadenas e indirectamente a los ganchos y paras por enredos con láminas, ayudara a reducir esos gastos por ganchos nuevos, costos por láminas enredadas y tiempos perdidos.

Tabla 19*Presupuesto de lubricación de las cadenas*

Producto	Consumo por una sola lubricación	Costo USD	Consumo semanal de una línea	Costo USD
Lubricante	800mL – 1000mL	\$34,19 - \$42,74	1600mL – 2000mL	\$68,38 – \$85,48

Dentro de siguiente solución están la herramienta usada fue la clasificación de pallets , presentado en la Tabla 20, que es mediante una cinta adhesiva de color verde y roja, una unidad de un rollo de cinta contiene 500 etiquetas con un precio estimado en el mercado de \$25 USD, tomando en cuenta que para la clasificación inicial necesitaremos alrededor de 5000 etiquetas entre verde y rojas, la inversión inicial es de \$250, un valor muy elevado sin embargo lo tomaremos como un valor máximo porque la estimación es realizada con el valor más alto del mercado, los valores podrían fluctuar y reducir esa cantidad.

Tabla 20*Presupuesto de la clasificación de pallets*

Producto	Cantidad de una unidad	Costo USD	Cantidad inicial necesaria	Costo USD
Cinta adhesiva	500 etiquetas	\$18 - \$25	5000 etiquetas	\$180 - \$250

Como solución final, se evaluó el impacto económico derivado del consumo de solvente y el uso de liencillos, cuyos valores estimados se detallan en la Tabla 21. Mediante un análisis conjunto con el departamento de compras de la organización, se determinaron los costos basados en adquisiciones por volumen. Se estableció que el escenario de limpieza máxima operativa alcanza las 84 intervenciones semanales por línea, lo que representa un consumo proyectado de

entre 28L y 30L por turno, con un costo asociado de \$58,47 a \$62,65. Complementariamente, se analizó el costo de los liencillos (con dimensiones de 0,25 m² a 0,40 m²); para un requerimiento diario de 12 unidades, el impacto financiero semanal oscila entre \$46,20 y \$73,92. Estos resultados permiten proyectar la viabilidad financiera de mantener los estándares de limpieza propuestos sin comprometer el presupuesto operativo

Tabla 21

Presupuesto de kit de limpieza

Producto	Consumo semanal de una línea	Costo semanal USD
Solvente	56L – 60L	\$116,94 - \$125,3
Pieza de tela	21m ² – 33,6m ²	\$46,2 - \$73,92

2.4.4 Plan de implementación de soluciones

Para la implementación de las 3 soluciones se diseñó el siguiente plan presentado en el Apéndice B, la cual se expresa la causa raíz, la solución y las cuestiones cuando, donde, quien, porque y como.

2.5 Implementación

Para la implementación se procedió a dar el conocimiento de las soluciones a los operadores de las líneas barnizadoras y de impresión mediante inducciones, como primer paso se dio a conocer las soluciones, presentado en la Figura 31, y consultar opiniones acerca del tema con el fin de detallar las propuestas a la empresa.

Figura 31

Inducción de las soluciones a los operadores



2.5.1 Implementación de notificaciones preventivas y mantenimiento de las cadenas

El desarrollo de esta solución se estructuró en dos etapas. La primera fase consistió en la creación de un listado de tareas dirigido al departamento de mantenimiento, enfocado en los defectos identificados en el cuerpo de curado del horno. Posteriormente, se definió el procedimiento para el registro de comentarios en el sistema de control de la empresa. En la Figura 32 se detallan los parámetros requeridos por la plataforma institucional, así como la guía de defectos específicos que el personal debe reportar en dicha sección para asegurar la estandarización de la información.

Figura 32

Llenado del apartado del sistema de control



La segunda etapa se centró en el proceso de lubricación, donde se enfatizó la prohibición de mantener herramientas de limpieza, tales como vasos desechables y brochas, dentro del área de trabajo para prevenir la contaminación de las láminas. Asimismo, se implementó la difusión de un cartel de buenas prácticas de lubricación, ilustrado en la Figura 33, con el objetivo de reforzar el cumplimiento de los estándares establecidos y garantizar la sostenibilidad de la solución.

Figura 33

Poster de buenas prácticas de lubricación



Se estableció un programa de lubricación de cadenas con una frecuencia de dos veces por semana, respetando intervalos de tres a cuatro días entre cada intervención. Durante el periodo de ejecución, se realizaron cuatro lubricaciones en la línea de impresión y entre cuatro a seis en las líneas barnizadoras, conforme se detalla en la Tabla 22.

Esta medida se implementó como una acción preventiva para mitigar la deformación de los ganchos metálicos, identificada como una de las causas principales de fallos en el proceso. La duración de cada actividad osciló entre 30 y 50 minutos, dependiendo de la participación de uno o dos operadores; un ejemplo de este procedimiento en un sector de la cadena se ilustra en la Figura 34.

Tabla 22*Lubricaciones de cadena de las líneas*

Líneas Litográficas	No. Lubricación
Línea 1	4
Línea 2	5
Línea 3	5
Línea 4	5
Línea 5	6
Línea 6	4
Línea impresión 7	4

Figura 34*Lubricación de cadenas*

Se proyectó que la implementación de esta práctica asegurara un ritmo de lubricación constante, con el fin de lograr una reducción sostenida en la incidencia de ganchos deformados a largo plazo. Este procedimiento se estableció como una medida de control preventivo, orientada a mitigar fallos mecánicos mediante la estandarización de los intervalos de mantenimiento operativo.

2.5.2 Implementación de la clasificación de pallets por su estado

La ejecución de esta solución se desarrolló en el área litográfica, la cual gestionaba un inventario aproximado de 200 pallets destinados a las líneas de impresión y barnizado. Debido a que estas unidades son de uso interno, se determinó que su integridad estructural era determinante para garantizar la estabilidad del proceso productivo.

El diseño de la implementación se estructuró bajo los criterios técnicos detallados en la Tabla 23, mediante los cuales se definieron los parámetros de clasificación según el estado físico (óptimo o defectuoso) y se estableció la jerarquía de prioridad para las intervenciones de mantenimiento o reemplazo.

Tabla 23

Criterios para clasificar pallets

Criterio	Descripción
Estructura general	Tablas rotas, sueltas o faltantes.
Base del pallet	Desgaste, desniveles.
Clavos y sujetadores	Clavos sobresalientes o sueltos.
Estabilidad	Meneo al colocar una carga.
Condición de limpieza	Suciedad, grasa o contaminantes.

La inspección fue realizada por los operadores de las líneas, quienes colocaron etiquetas de identificación de acuerdo con el estado del pallet. Posteriormente, el supervisor consolidó la información y emitió el reporte correspondiente al área de logística.

Durante un periodo de una semana y media, se inspeccionó el total de pallets del área, obteniéndose como resultado 34 pallets en mal estado, mientras que aproximadamente 166

pallets fueron clasificados en buen estado y continuaron utilizándose normalmente en las operaciones diarias.

En la Figura 35 se presenta un ejemplo de un pallet dado de baja por ausencia de una pieza de madera en su superficie, condición que afecta la correcta alimentación y apilado del producto.

Figura 35

Pallet en mal estado



Como acción tomada, los pallets en mal estado fueron colocados en un área específica de segregación y reportados al área de logística para su reparación o reemplazo. Al momento de la toma de datos para la evaluación de resultados, se logró el reemplazo de 15 pallets, mientras que 19 pallets quedaron pendientes como se muestra en la Tabla 24. Esta condición se debe a que el proceso de cambio depende de la disponibilidad de pallets nuevos y de la programación del área de logística, por lo que la reposición se realiza de forma progresiva.

Tabla 24

Resultados de la clasificación y gestión de pallets en mal estado

Estado del pallet	Cantidad	Acción tomada
Mal estado	34	Segregación y reporte a logística
Mal estado -reemplazados	15	Cambio por pallets nuevos

Mal estado - pendientes	19	Pendientes por disponibilidad y programación
-------------------------	----	--

Esta implementación permitió reducir la necesidad de utilizar herramientas adicionales o cuñas para la correcta colocación del pallet en la alimentadora y apiladora, evitando desalineaciones y la formación de bultos de láminas mal alineados.

2.5.3 Implementación de mejora del sistema actual de limpieza de bandas

Se estableció como una medida para reforzar el actual sistema de limpieza de bandas, que consistía en que un pomo de solvente era compartido por varias líneas y no permanecía en su lugar, un ejemplo del kit actual y de su lugar establecido se demuestra en la Figura 36. Con la implementación del kit cada línea cuenta con sus herramientas lo que facilita la limpieza y promueve la práctica.

Figura 36

Ubicación correcta y herramientas completas



Al final se recalcó que los pomos de solventes deben permanecer cerrados para evitar evaporación y derrames en el área, y de su recarga al inicio del turno. Se estableció un estimado de máximo 11 limpiezas en un turno, teniendo en cuenta la limpieza de cada 3 bultos en un turno de 12 horas.

Los datos de la implementación en la línea de impresión 7 sobre la limpieza de bandas son los mostrados en la Tabla 25, donde están la frecuencia de limpieza de bandas registradas en una sola línea litográfica durante el periodo de implementación de mejoras.

Tabla 25

Frecuencia de limpieza de bandas línea de impresión

Día	Frecuencia de limpieza	Día	Frecuencia de limpieza	Día	Frecuencia de limpieza
1	5	7	7	13	5
2	4	8	6	14	7
3	6	9	8	15	8
4	6	10	8	16	6
5	7	11	6		
6	5	12	6		

Solo se contó los datos de una sola línea debido a que la implementación inicial abarco 7 líneas, una cantidad considerable de líneas incluyendo la frecuencia de limpiezas y por último controlar el cumplimiento de la práctica, durante la etapa inicial de esta solución se enfocó en controlar una sola línea para evaluar la reducción del barniz en las bandas y por consecuentes la disminución de ganchos deformados que es unos de los causantes de los enredos de ganchos con láminas.

En la siguiente Tabla 26 se muestra el número de enredos de láminas causados por residuos de barniz.

Tabla 26*Número de enredos de la línea de impresión*

Día	Enredos de láminas	Día	Enredos de láminas	Día	Enredos de láminas
1	0	7	0	13	1
2	0	8	0	14	0
3	0	9	0	15	0
4	0	10	0	16	0
5	0	11	0		
6	0	12	0		

Los datos registrados tras la implementación, detallados en la Tabla 26, evidencian una disminución en la frecuencia de enredos de láminas. No obstante, el análisis interpretativo de estos resultados indica que dicha mejora no establece una correlación lineal directa con la reducción del desperdicio total.

Esta discrepancia se atribuye a que la solución ejecutada mitiga únicamente una de las variables críticas que afectan a la variable dependiente (Y). En consecuencia, si bien la intervención optimiza la estabilidad operativa del segmento abordado, se determina que requiere de acciones complementarias para impactar de manera integral en el indicador de desperdicio global.

2.6 Control

En esta etapa se ejecutaron las soluciones diseñadas con el objetivo de asegurar la estabilidad operativa y la sostenibilidad de las mejoras en la línea de impresión. A continuación, se presenta el análisis del seguimiento realizado, mediante el cual se evalúa la efectividad de cada intervención en función de los indicadores establecidos. Este examen permite contrastar los

resultados obtenidos frente a la situación inicial, evidenciando el grado de cumplimiento de las metas trazadas para la optimización del proceso.

2.6.1 Plan de control

La sostenibilidad de la intervención técnica está sujeta a la capacidad de gestión de la organización; por ello, se desarrolló un plan de control orientado a garantizar el cumplimiento normativo de los procesos optimizados. Este instrumento se detalla en la Apéndice C, mientras que las evidencias de su aplicación y los mecanismos de verificación se presentan en las Figuras 37, 38 y 39. La integración de estas herramientas de control, adjunta en el Apéndice D que asegura que las mejoras de lubricación de cadenas se mantengan vigentes frente a las variables operativas, mitigando el riesgo de retroceso en los indicadores de desempeño logrados.

Figura 37

Supervisión del etiquetado de pallets



Figura 38

Supervisión de los equipos de limpieza

**Figura 39**

Implementación del formato de registro de fechas de lubricación

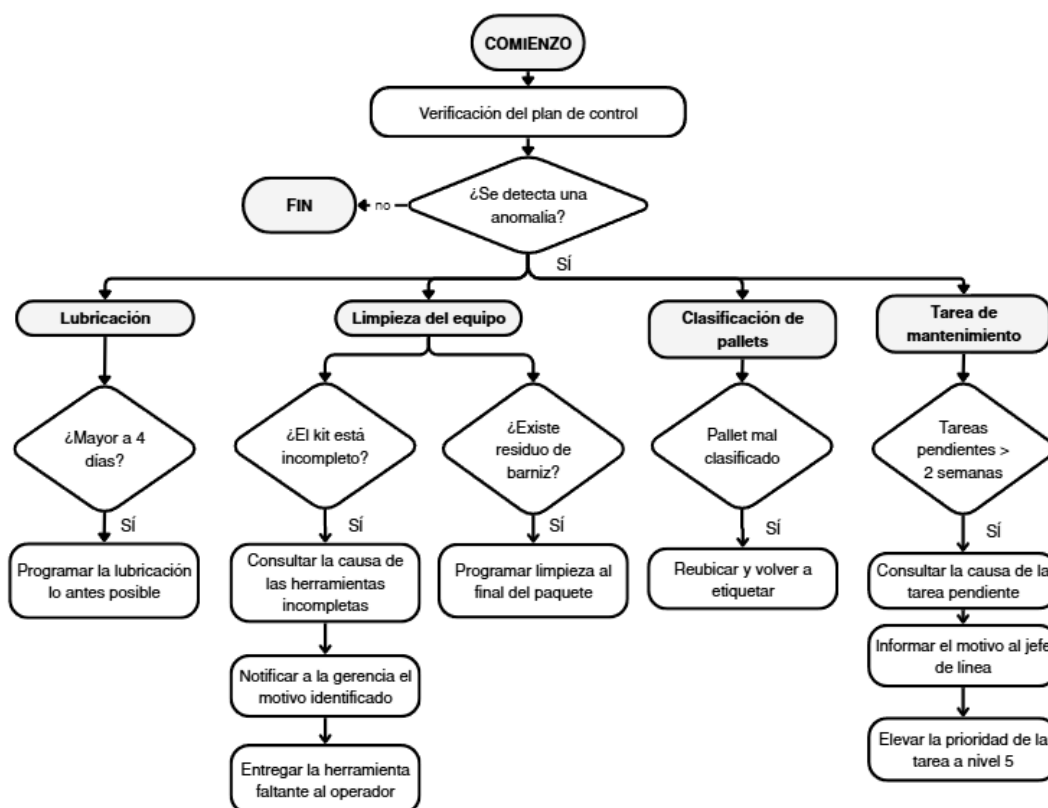


2.6.2 Plan de reacción

En la Figura 40 se detalla el plan de reacción diseñado para las líneas de impresión y barnizado, el cual constituye el mecanismo de respuesta inmediata ante desviaciones operativas. Este protocolo establece de manera estructurada las acciones correctivas necesarias al identificar anomalías durante la verificación del plan de control, garantizando así que cualquier incumplimiento de los estándares técnicos sea mitigado oportunamente para preservar la estabilidad de los resultados obtenidos.

Figura 40

Plan de reacción ante anomalías detectadas en la línea de impresión



Capítulo 3

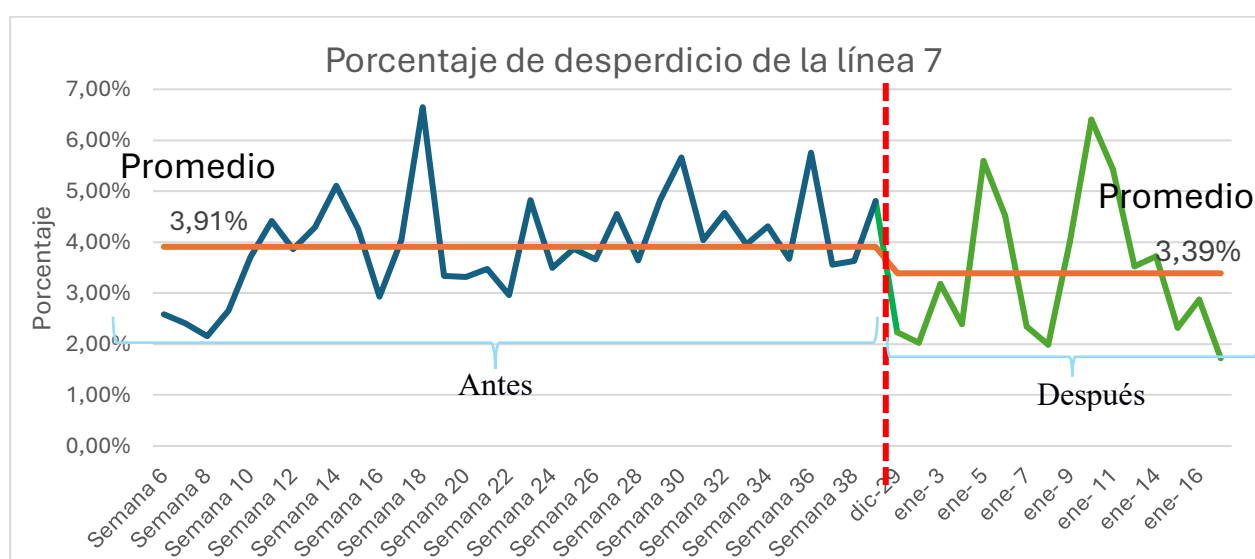
3. Resultados

3.1 Resultados de las mejoras en la variable Y

Con la inducción y la implementación en las líneas barnizadoras y de impresión, se han obtenido los siguientes resultados expuestos en la Figura 41, se expone un antes y un después de las mejoras, que abarca desde la semana 49 del 2025 hasta la semana 2 del 2026.

Figura 41

Gráfica de porcentaje de desperdicio antes y después de las mejoras



Se observan varios picos de desperdicio que señalan variaciones puntuales derivadas de una baja producción de láminas. No obstante, en las jornadas restantes, la impresión retorna a sus niveles habituales. Tras la implementación de las mejoras, la mayoría de los registros se ubican por debajo del promedio, con excepción de tres días específicos. Este comportamiento es positivo, ya que el promedio de desperdicio se redujo del 3,91% inicial al 3,39%. Debido a las restricciones de tiempo del proyecto, no es posible extender el periodo de observación para confirmar si esta tendencia a la baja se mantiene de forma permanente.

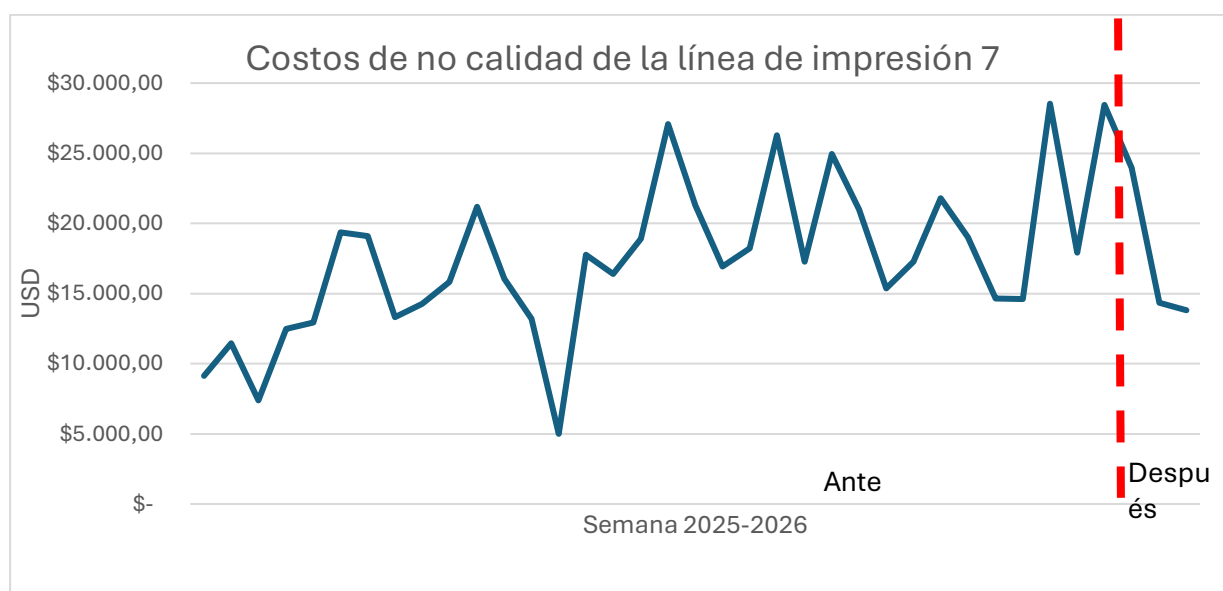
3.2 Resultados del triple bottom line

3.2.1 Impacto económico

Respecto al impacto económico, los resultados evidencian una baja en los costos por fallos de calidad en la fase final del estudio. Si bien la Figura 42 muestra una mejora en la eficiencia de la línea de impresión, la periodicidad de los reportes organizacionales (limitada a cortes semanales y mensuales) restringe la observación de variaciones diarias. Por consiguiente, aunque el indicador es favorable, el tiempo de observación resulta insuficiente para confirmar una tendencia estable a largo plazo.

Figura 42

Gráfica de Costos de no calidad antes y después



En la etapa inicial se observa una mayor variabilidad y presencia de resultados fuera de los rangos esperados, lo que evidencia la inestabilidad previa del proceso, sin embargo, es importante señalar que el período de evaluación posterior corresponde únicamente a tres semanas, lo cual resulta insuficiente para confirmar de manera concluyente la estabilidad y sostenibilidad de las mejoras. Por ello, estos resultados deben considerarse preliminares y será

necesario continuar el monitoreo en un horizonte de tiempo mayor para validar el impacto real de las acciones implementadas.

3.2.2 *Impacto social*

Las áreas que se estudiaron durante el proyecto fueron Motivación y Entusiasmo, Ambiente Laboral, Desarrollo y uso de habilidades, Recursos y comunicación; vistos en la Tabla 27. Siendo el área con más bajo puntaje y el objetivo a mejorar el de “Recursos y comunicación, logrando obtener 4,25, anteriormente de 3,03. El resultado indica que los operadores han tomado muy bien las soluciones propuestas, sin embargo, sigue siendo un punto para mejorar acorde a la calificación.

Tabla 27

Tabla de áreas de estudio en la encuesta

Motivación y Entusiasmo	3,63	3,83
Ambiente Laboral	3,88	4,00
Desarrollo y uso de habilidades	3,88	3,88
Recursos y comunicación	3,03	4,25

El resultado general de la encuesta ascendió a 4,02, lo que representa una mejora significativa en la percepción de los operadores en comparación con el 3,56 obtenido inicialmente. Si bien este incremento es un indicador positivo, aún no alcanza el umbral de excelencia de 4,5 requerido para garantizar una satisfacción plena. Por lo tanto, se concluye que es necesario mantener las estrategias de mejora, priorizando el fortalecimiento de la motivación y el desarrollo de habilidades técnicas y personales.

3.2.3 *Impacto ambiental*

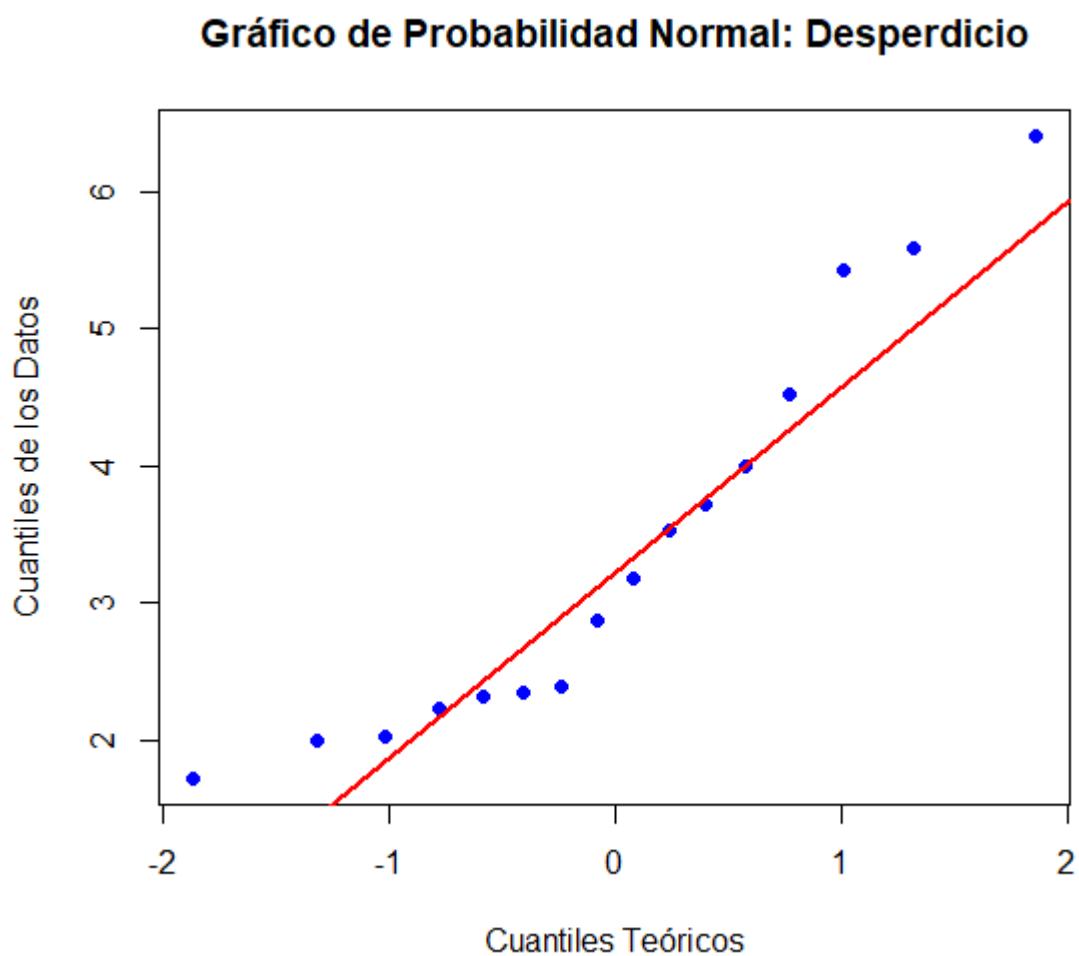
La reducción de láminas que no llegan a la etapa de impresión es significativa, como se observa en la Figura 39. Se logró un descenso de 0,52 puntos porcentuales, lo que representa un incremento de 312 láminas adicionales en una línea de producción con capacidad de 6.000 unidades por hora. La mejora alivia la carga operativa de la organización y fortalece el perfil de sostenibilidad; a pesar de que el material que antes se desechaba como chatarra y se integraba nuevamente al mercado con una empresa externa.

3.3 Análisis de normalidad

El gráfico de probabilidad normal, en a la Figura 43, se utilizó para evaluar el comportamiento estadístico de los datos correspondientes al porcentaje de desperdicio del proceso después de la implementación.

Figura 43

Gráfica de normalidad de los datos después de la mejora



En el gráfico se observa que la mayoría de los datos se alinean de manera aproximada con la recta de referencia, lo que indica un comportamiento cercano a una distribución normal.

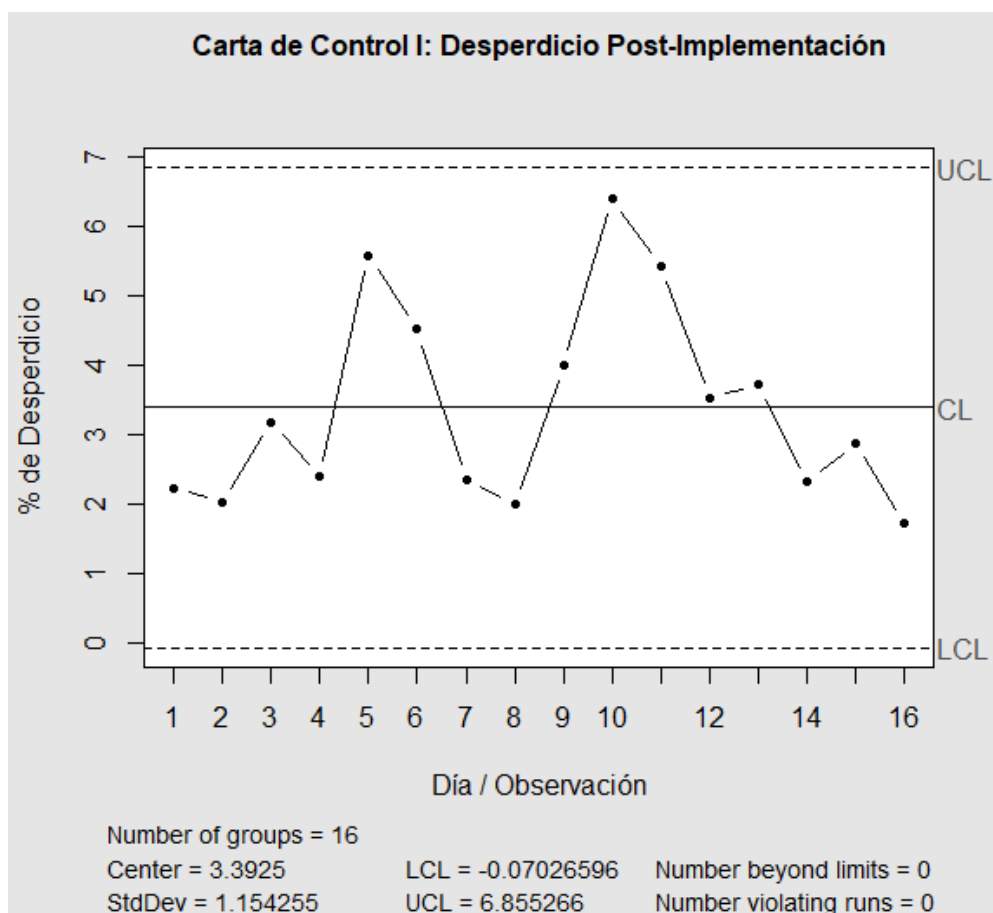
Si bien se presentan ligeras desviaciones en algunos puntos, estas pueden atribuirse al tamaño reducido de la muestra y a la naturaleza de los datos analizados. No obstante, dichas desviaciones no son significativas al punto de invalidar el análisis realizado.

3.4 Análisis de control y estabilidad del desperdicio

Para evaluar la estabilidad del proceso tras las mejoras, se aplicó una carta de control para valores individuales. Este análisis permite determinar si el desperdicio de láminas se comporta de manera predecible o si presenta picos inestables por causas especiales.

Figura 44

Gráfica de carta de control de los datos después de la mejora



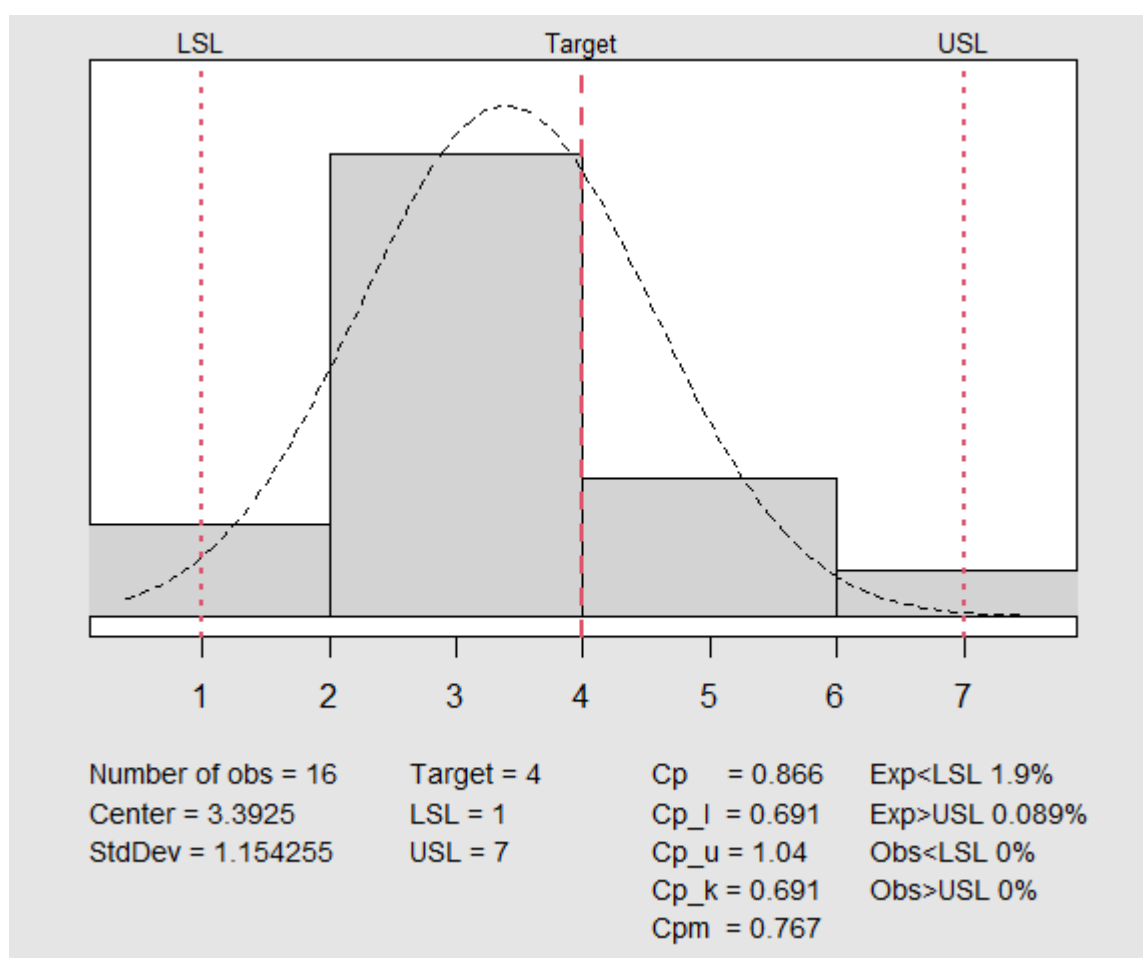
El gráfico de la Figura 44 muestra que el proceso opera con un promedio de 3.39% y, aunque todos los puntos se mantienen dentro de los límites de control, se observa una alta dispersión en los datos. La amplitud de los límites evidencia una variabilidad significativa que dificulta mantener el desempeño de forma constante.

3.5 Análisis de capacidad

Como parte de la evaluación posterior a la implementación de las mejoras, se realizó un análisis de capacidad del proceso, ilustrado en la Figura 45, utilizando una muestra correspondiente a un periodo reducido de operación.

Figura 45

Análisis de capacidad de los datos después de la mejora



El gráfico de análisis de capacidad muestra la distribución del porcentaje de desperdicio en relación con los límites de especificación establecidos de LSL = 1 % y USL = 7 %, con un valor objetivo de 4 %. La muestra analizada corresponde a 16 observaciones, con una media del proceso de 3,39 % y una desviación estándar de 1,15 %, lo que evidencia una dispersión moderada de los datos dentro del rango permitido.

El índice de capacidad potencial del proceso ($C_p = 0,866$) indica que, si bien la variabilidad del proceso se encuentra relativamente controlada, aún no es suficientemente reducida para considerar al proceso plenamente capaz bajo estos límites de especificación. Por su parte, el índice de capacidad real ($C_{pk} = 0,691$) refleja un proceso razonablemente centrado respecto a los límites establecidos, mostrando una mejora significativa en comparación con la condición inicial.

Adicionalmente, debido al tamaño reducido de la muestra, estos resultados deben interpretarse como una referencia inicial de tendencia, siendo necesario mantener el monitoreo del proceso para confirmar la sostenibilidad de las mejoras en el tiempo.

Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- La aplicación de la metodología DMAIC permitió estructurar de manera sistemática la mejora del proceso de impresión, logrando una reducción del porcentaje de desperdicio de láminas del 3,91 % al 3,39 %, así como una mejora en la eficiencia operativa, la satisfacción laboral y la reducción de costos asociados al desperdicio, evidenciando el impacto positivo de la metodología en el desempeño del proceso, aunque sin alcanzar completamente la meta establecida.
- La medición de los niveles iniciales de desperdicio, la satisfacción laboral y el costo económico asociado permitió establecer una línea base confiable del proceso, evidenciando oportunidades claras de mejora y facilitando la cuantificación de los beneficios obtenidos tras la implementación de las acciones correctivas.
- La identificación de los CTQ y de las necesidades del cliente permitió enfocar los esfuerzos de mejora en las variables con mayor impacto sobre la calidad del proceso de impresión, asegurando que las acciones implementadas estuvieran alineadas con los requisitos críticos del cliente y del proceso productivo.
- El análisis de causas raíz permitió identificar factores clave asociados a la manipulación de láminas, la condición de los pallets y fallas provenientes de procesos aguas arriba, lo que facilitó la comprensión de las fuentes de variación y desperdicio, y permitió sustentar técnicamente las decisiones de mejora mediante herramientas estadísticas y de calidad.
- El diseño e implementación del plan de mejora integral permitió reducir el desperdicio de láminas en aproximadamente 221 unidades diarias, generando un ahorro económico estimado de USD 77,26 por día, además de mejorar la estabilidad del proceso, reducir reprocesos y fortalecer el compromiso del personal con las acciones de mejora.

- Si bien se evidenció una tendencia sostenida de mejora, la meta de reducción del desperdicio al 3,04 % no se alcanzó dentro del periodo establecido debido a que, previo a la implementación, el análisis de capacidad mostró un proceso significativamente descentrado, reflejado en un Cpk negativo, lo que implicó que, pese a contar con un alto potencial, el tiempo disponible no fue suficiente para lograr un centrado completo del proceso, siendo necesario continuar con acciones enfocadas en la reducción de la variabilidad y el alineamiento del proceso.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un seguimiento periódico de los indicadores clave de desempeño del proceso con el fin de asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas y detectar oportunamente posibles desviaciones.
- Es importante mantener y reforzar los estándares de limpieza y los sistemas de clasificación visual mediante programas de capacitación continua al personal, idealmente con una frecuencia semestral.
- Se sugiere evaluar la replicabilidad de las soluciones implementadas en otras líneas de producción que presenten condiciones operativas similares, con el objetivo de extender los beneficios obtenidos a nivel global del proceso.
- Asimismo, se recomienda continuar fortaleciendo el uso del sistema de notificación preventiva, promoviendo la participación de los operadores, para anticipar fallas, reducir paradas no programadas y mejorar la confiabilidad del proceso.

Referencias

- Antony, J. (2006). Six Sigma for service processes. *Business Process Management Journal*, 12(2), 234–248. <https://doi.org/10.1108/14637150610657558>
- Campanella, J. (1999). *Principles of quality costs*. ASQ Quality Press.
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001:2015 — Quality management systems — Requirements*. ISO.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785–805. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019>
- Silva, A., Costa, E., & Ferreira, J. (2018). Application of 3W2H tool in process improvement. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 35(2), 473–489. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2017-0098>

Apéndice B

Plan de implementación de las soluciones

Causa raíz	Solución	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Por qué?	¿Cómo?	Costo
Existen varios componentes mecánicos en mal estado	Notificaciones preventivas y mantenimiento del sistema de cadena y ganchos	Durante los meses de diciembre y enero	En las líneas de barnizado y la línea de impresión	Roy Vargas – Luis Pinzón	Debido a que el deterioro de los componentes mecánicos no se detecta de manera oportuna, se generan fallas recurrentes, paradas no planificadas y disminuye la eficiencia de las líneas de producción.	Implementación: Implementación de un sistema de alerta de fallas que permita a los operadores reportar rápidamente incidentes o fallas de las máquinas, habilitando notificaciones en tiempo real y la coordinación inmediata de acciones correctivas con el equipo de mantenimiento. Capacitación: Capacitación básica a los operadores sobre el uso del sistema de alertas y los procedimientos de reporte.	Capacitación (horas de operador): X Programación de notificaciones: Y

<p>Las bases de los pallets están desgastadas</p>	<p>Implementar un sistema de clasificación de pallets mediante etiquetas codificadas por color</p>	<p>Durante diciembre y enero</p>	<p>En las líneas de Roy barnizado Vargas – Luis Pinzón de impresión</p>	<p>Debido a la falta de un método estandarizado para identificar la condición de los pallets, se utilizan pallets deteriorados, generando inestabilidad, riesgos operativos y alteraciones en el flujo del proceso.</p>	<p>Implementación: Establecimiento de un sistema visual de clasificación de pallets mediante etiquetas de colores para identificar su condición (apto o no apto). Capacitación: Capacitación al personal sobre los criterios de clasificación y la correcta selección de pallets.</p>	<p>Capacitación (horas de operador): X Etiquetas: Y</p>
	<hr/>					

					Debido a la falta de un		
					procedimiento	Implementación: Estandarización de un	
Existe descuido	Mejora y				estandarizado y de	kit de limpieza para cada línea de	
y suciedad en	estandarización	Durante	En las		herramientas específicas	barnizado, con instrucciones claras de uso	Capacitación
las bandas	del sistema	los meses	líneas de	Roy	para la limpieza periódica	y una frecuencia de limpieza definida,	(horas de
transportadoras	actual de	de	barnizado	Vargas	de las bandas	integrada a las rutinas diarias y al	operador): X
debido a	limpieza de	diciembre	y la línea	– Luis	transportadoras, se	mantenimiento preventivo. Capacitación:	Instrumentos de
residuos de	bandas	y enero	de	Pinzón	acumulan residuos de	Capacitación a los operadores sobre los	limpieza: Y
barniz	transportadoras		impresión		barniz, provocando fallas	procedimientos correctos de limpieza y uso	
					operativas y afectando la	del kit.	
					calidad del producto.		

Apéndice C

Plan de control

Solución	¿Qué?	¿Cómo?	¿Porqué?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cuándo?	Reacción
S1: Notificaciones Preventivas	Cantidades de tareas completadas del departamento de mantenimiento	Revisión del listado de tareas completadas	Para aliviar la carga de trabajo de los operadores y obtener asistencia de cambios de ganchos deformados en tiempos de cambios o paradas	Sistema de control de la empresa	Supervisor de la línea	Cada 2 semanas	Cuando las tareas pendientes superen las 2 semanas
S1: Mantenimiento de las cadenas	Registro de la Lubricación de las cadenas	Revisión de la tarjeta de registro de lubricación	Porque con el registro se llevará un control de la lubricación para reducir el número de ganchos deformados	En la entrada al horno de las líneas litográficas	Operador	2 veces a la semana	Cuando el ultimo registro de lubricación supere los 4 días

S2:	Clasificación	Mediante el	Para controlar el estado	En las líneas	Supervisor	Cada	Cuando un
Clasificación	correcta de	monitoreo de las	de las bases de los pallets	de litografía	de línea /	semana	pallet esté
de pallets por	pallets	etiquetas			operador		incorrectamente
su estado		adheridas a los					clasificado
		pallets					
S3:	Herramientas	Mediante	Para reducir la	En el área de	Supervisor	Todos	Cuando se
Estandarización	completas y	observación	deformación de ganchos,	fin de línea	de línea /	los días	detecten bandas
del sistema	limpieza de las	directa del kit	la presencia de residuos		operador	al inicio	con residuos de
limpieza de	bandas de la	completo en el	de barniz en las bandas y			del turno	barniz o kits de
	mesa flexible	puesto de trabajo	mejorar la limpieza de				limpieza
		y de las bandas	estas				incompletos
		correctamente					
		limpias					

Apéndice D

Formato de registro de fechas de lubricación

CONTROL DE LUBRICACION DE CADENAS				
Formato:				
Supervisor:				
Version:				
Nº	Nombres	Área	Fecha	Firma
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Supervisor