

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

“Reducción de desperdicios en el área de sellado de una  
empresa de productos plásticos”

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingenieras Industriales**

Presentado por:

Geovanna Madeleine Gaibor Angulo

Adriana Belén Smith Tapia

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2022

## DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a las personas que se esmeran diariamente por alcanzar sus metas, que se atreven a aceptar nuevos retos y que están dispuestas a aportar con una solución ante los problemas que se enfrenten. Este proyecto es una muestra de todo lo aprendido durante mi carrera en ESPOL y lo he puesto en práctica en el ámbito profesional.

***Adriana Smith***

## DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo con todo mi corazón a mi familia, en especial a mis padres que han sido siempre incondicionales, a mi esposo quien ha estado siempre a mi lado y ha confiado en mí, a mi pequeña hija Adita por ser mi motivación para seguir adelante, a mis hermanos que siempre me apoyaron y estuvieron pendientes de mí. Los amo mucho.

***Madeleine Gaibor***

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero empezar agradeciendo a Dios por permitirme culminar mi carrera profesional; a mis padres por apoyarme incondicionalmente en cada paso de mi vida; a mi familia y a mi novio por siempre creer en mí y motivarme durante estos años de carrera; a mis abuelitos que desde el cielo me llenan de bendiciones todos los días; a mis amigos que han estado conmigo siempre que he necesitado su apoyo y a todos aquellos que han aportado en mi continuo crecimiento profesional y personal. Gracias infinitas.

***Adriana Smith***

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco profundamente a Dios por darme la fortaleza, vida y sabiduría necesaria para cumplir con el objetivo, a mis padres por enseñarme a cumplir mis metas y a no rendirme, a mi esposo por apoyarme siempre y motivarme a culminar con esta última muestra del esfuerzo y conocimiento adquirido a lo largo de estos años de estudio y a mi hermana, mi segunda mamá, por apoyarme en todo momento desde que todo esto inició.

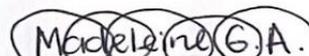
***Madeleine Gaibor***

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Adriana Belén Smith Tapia* y *Geovanna Madeleine Gaibor Angulo* damos nuestro consentimiento para que la ESPOI realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



**Adriana Belén  
Smith Tapia**



**Geovanna Madeleine  
Gaibor Angulo**

## EVALUADORES

.....  
**Sofía López I., MSc.**

PROFESORA DE LA MATERIA

.....  
**Denise Rodríguez Z., Ph.D.**

PROFESORA TUTORA

## RESUMEN

El presente proyecto se lleva a cabo en una empresa de productos plásticos con el objetivo de reducir la cantidad de desperdicios en el área de sellado. De esta manera, se logra beneficios económicos, sociales y ambientales.

La metodología aplicada para el proyecto fue DMAIC. El primer paso realizado fue la definición del problema y se encontró que el área de sellado genera mayor cantidad de desperdicios. Luego, se realizó una medición de los datos y se estableció que la máquina 17 genera mayores desperdicios. El principal problema enfocado fue por calibración y se procedió a analizar las causas mediante el diagrama de Ishikawa, matriz causa y efecto y diagrama AMEF. A partir del plan de verificación de causas, se procedió a verificar las causas potenciales mediante GEMBA y análisis estadístico. Se determinó que el personal inexperto calibrando la máquina era una causa significativa.

Una vez obtenida la causa raíz, se procedió a implementar una mejora en calibración estandarizando el proceso para facilitar la capacitación del personal y de esta manera reducir significativamente el porcentaje de scrap. La fase piloto fue llevada a cabo con éxito. Se realizó una capacitación al personal de sellado para que implementen este proceso diariamente. Así mismo, se creó una hoja de control para que se mantenga esta mejora a lo largo del tiempo.

El objetivo se cumple con la implementación de una propuesta de mejora, por lo tanto, se evidencia que es posible mejorar un proceso con la metodología DMAIC.

**Palabras claves:** mejora continua, reducción de desperdicios, DMAIC, estandarización de procesos.

## **ABSTRACT**

*This project is carried out in a plastic products company with the aim of reducing the amount of waste in the sealing area. In this way, economic, social, and environmental benefits are achieved.*

*The methodology applied for the project was DMAIC. The first step carried out was the definition of the problem and it was found that the sealing area generates a greater amount of waste. Then, a measurement of the data was carried out and it was established that the machine generates 17 more waste. The main problem was focused on calibration and the causes were analyzed using the Ishikawa diagram, cause, and effect matrix and FMEA diagram. Based on the cause verification plan, we proceeded to verify the possible causes using GEMBA and statistical analysis. It will be over those inexperienced personnel calibrating the machine was a significant cause.*

*Once the root cause was obtained, an improvement in calibration was implemented, standardizing the process to facilitate the training of personnel and thus significantly reduce the percentage of scrap. The pilot phase was carried out successfully. Sealing personnel were trained to implement this process daily. Likewise, a control sheet was created so that this improvement is maintained over time.*

*The objective is met with the implementation of an improvement proposal; therefore, it is evident that it is possible to improve a process with the DMAIC methodology.*

**Keywords:** *continuous improvement, waste reduction, DMAIC, process standardization*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Justificación del problema .....	5
1.3 Objetivos .....	6
1.3.1 Objetivo General .....	6
1.3.2 Objetivos específicos .....	6
1.4 Marco teórico .....	6
CAPÍTULO 2.....	8
2. METODOLOGÍA .....	8
2.1 Plan de recolección de datos .....	13
2.2 Verificación de confiabilidad de los datos.....	14
2.3 Análisis de capacidad.....	18
2.4 Problema enfocado .....	19
2.5 Análisis de causas .....	20
2.6 Plan de verificación de causas.....	27
2.7 Causas verificadas.....	30
CAPÍTULO 3.....	32

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	32
3.1 Implementación de mejora.....	32
3.2 Seguimiento y control.....	39
CAPÍTULO 4.....	45
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	45
4.1 Conclusiones .....	45
4.2 Recomendaciones .....	46
BIBLIOGRAFÍA	

## **ABREVIATURAS**

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

DMAIC Definición, Medición, Análisis, Implementación y Control

VOC Voice of Customer

CTQ Critical Tree Quality

# **SIMBOLOGÍA**

Ho: Hipótesis nula

H1: Hipótesis alternativa

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Voz del cliente .....	2
Tabla 2.1 Diagrama OTIDA del proceso de sellado .....	12
Tabla 2.2 Actividades del proceso de sellado.....	12
Tabla 2.3 Actividades que agregan y no agregan valor del proceso de sellado .....	13
Tabla 2.4 Plan de recolección de datos.....	14
Tabla 2.5 Data histórica de los desperdicios en selladoras .....	15
Tabla 2.6 Nivel de desperdicios en la selladora 17 .....	16
Tabla 2.7 Rangos de medida para el impacto .....	22
Tabla 2.8 Expertos de sellado .....	22
Tabla 2.9 Matriz Causa-Efecto para calibración .....	22
Tabla 2.10 Matriz Causa-Efecto para rollo descalibrado .....	23
Tabla 2.11 Matriz Causa-Efecto para sello flojo .....	24
Tabla 2.12 Causas potenciales .....	26
Tabla 2.13 Datos de la muestra.....	28
Tabla 2.14 Causas verificadas .....	30
Tabla 2.15 Plan de Implementación .....	31
Tabla 3.1 Datos de desperdicios en la selladora 17 .....	42
Tabla 3.2 Scrap en el área de sellado después de la implementación .....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Triple impacto .....	3
Figura 1.2 Árbol crítico de la calidad .....	4
Figura 1.3 Porcentaje de Scrap producido en el área de sellado .....	4
Figura 2.1 Mapa de empatía (Supervisor de producción).....	8
Figura 2.2 Mapa de empatía (Analista de calidad) .....	9
Figura 2.3 Mapa de empatía (Ingeniero industrial) .....	10
Figura 2.4 Diagrama de afinidad .....	11
Figura 2.5 Diagrama de macroprocesos de la producción de fundas plásticas.....	12
Figura 2.6 Verificación de los datos.....	17
Figura 2.7 Gráfica de probabilidad .....	17
Figura 2.8 Histograma de media y desviación estándar .....	18
Figura 2.9 Informe de capacidad .....	18
Figura 2.10 Estratificación por causas.....	19
Figura 2.11 Diagrama de Ishikawa de Calibración .....	20
Figura 2.12 Diagrama de Ishikawa de Rollo descalibrado.....	21
Figura 2.13 Diagrama de Ishikawa de Sello flojo.....	21
Figura 2.14 AMEF .....	25
Figura 2.15 Matriz impacto-esfuerzo .....	27
Figura 2.16 Plan de verificación de causas .....	27
Figura 2.17 Gráfica de caja .....	28
Figura 2.18 Valor de p obtenido en Minitab .....	29
Figura 3.1 Hoja de desglose para calibración de máquina.....	35
Figura 3.2 Hoja de desglose para calibración del tablero de máquina .....	37
Figura 3.3 Operador en entrenamiento .....	38
Figura 3.4 Evidencia de la implementación .....	38
Figura 3.5 Hoja de control para calibración .....	40
Figura 3.6 Evidencia de la capacitación .....	41
Figura 3.7 Diagrama de cajas de expertos e inexpertos .....	42
Figura 3.8 Estadística descriptiva .....	43
Figura 3.9 Prueba t de 2 muestras .....	43

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector de empresas que producen plásticos está compuesto por alrededor de 600 empresas en el país, según la ASEPLAS (Asociación Ecuatoriana de Plásticos). En este sector es común que existan desperdicios dentro de cada proceso, con lo que la productividad se ve afectada, ya que muchos kilogramos de plástico son tomados como desperdicio al día, motivo por el cual las órdenes no salen a tiempo y los resultados de la empresa no son los esperados al final del mes. Por esta razón, una de estas empresas necesita reducir el nivel de desperdicios para llegar a su porcentaje de kilogramos ideal, el cual es del 10% de desperdicios mensual dividido en cada área de producción.

Esta empresa ubicada en el norte de Guayaquil se dedica a la producción de soluciones de empaques plásticos para abasto local e internacional, tales como fundas comerciales, fundas de seguridad, fundas para exportación, entre otras. Existen 3 áreas de producción, por las que pasa el producto hasta obtenerse una funda, las cuales son: Extrusión, Impresión y Sellado. Por lo tanto, el 10% se divide de la siguiente manera: 2% extrusión, 1% impresión y 7% sellado.

En la planta trabajan principalmente con polietileno, de baja densidad y de alta densidad. Todo empieza con la recepción de la materia prima tanto de material virgen como de material reutilizado. Luego continúa con el proceso de extrusión que es de donde se obtiene el rollo de fundas. A continuación, viene el proceso de impresión, donde cada rollo que sale del área de extrusión es impreso con el logotipo de su empresa. Por último, viene el proceso de sellado, que es donde el rollo es cortado de acuerdo con el modelo de la funda que se esté produciendo, por cuchillas que trabajan en caliente y que a su vez sellan las fundas.

## 1.1 Descripción del problema

La empresa tiene un porcentaje ideal de “Scrap” por mes del 10%, el cual es controlado mediante reportes diarios que realizan los operarios de cada máquina acerca de los desperdicios en la planta.

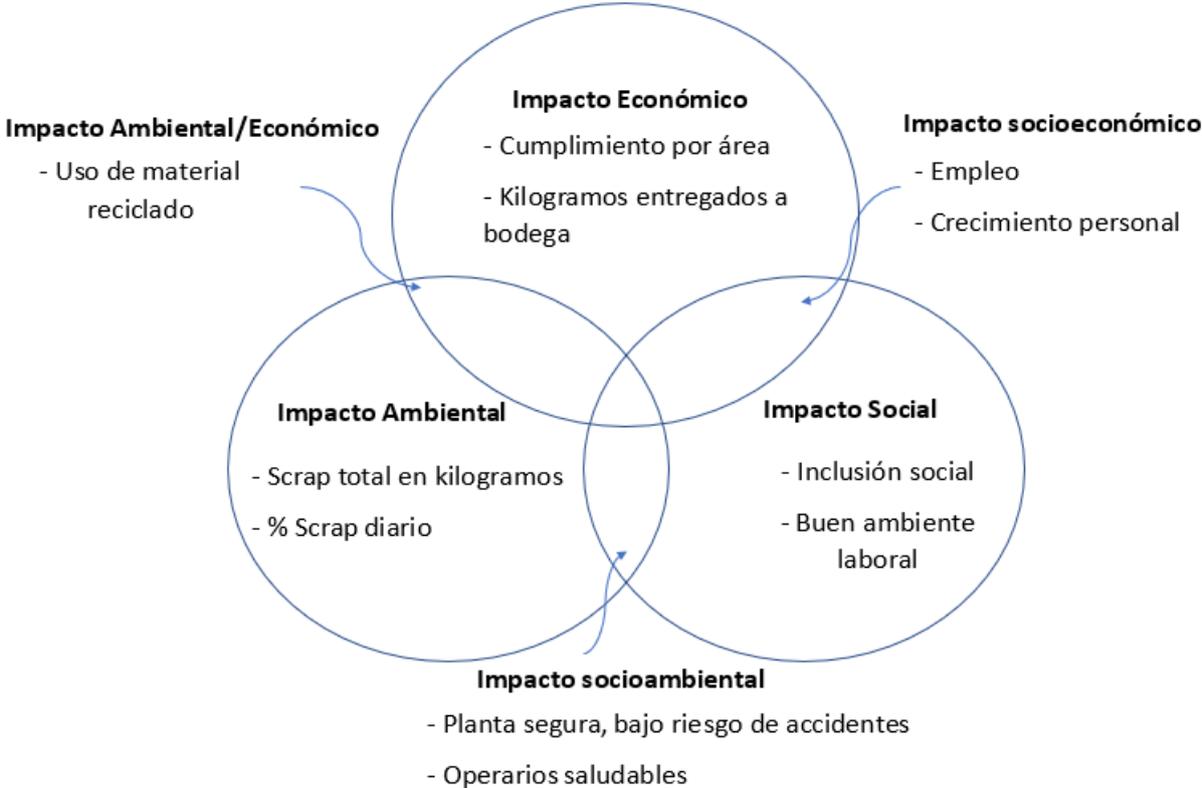
Para conocer mejor lo que ocurre en la empresa se realizaron varias entrevistas al personal de planta, tales como: supervisor de producción, analista de calidad e ingeniero industrial, con lo cual se creó un VOC o Voz del cliente según sus siglas. En la se pueden ver los hallazgos que surgieron a través del cliente interno de la empresa, como vemos a continuación en la

**Tabla 1.1 Voz del cliente**

VOZ DEL CLIENTE	
Segmento	Hallazgos
Personal de la planta de producción	El indicador límite de scrap diario es 10% entre los tres procesos: Extrusión, impresión y sellado.
	En el área de sellado se genera mayor porcentaje de desperdicios con un aproximado del 7%.
	El troquel no es considerado como scrap, porque elevaría considerablemente el indicador de desperdicios.
	En el área de impresión se producen desperdicios por diferentes causas, entre ellas descuadre de caras y falta de impresión.
	La materia prima húmeda genera ojos de pescado (pequeñas manchas de color gris) y se produce scrap.
	La materia prima reciclada pierde sus propiedades y afecta a la producción.
	Los productos que utilizan materia prima reciclada no se pueden estandarizar.
	En el proceso de sellado, al momento del corte se genera scrap según el modelo de funda: camiseta, de seguridad, exportación, entre otros.
	La calibración de las máquinas es importante para evitar problemas de sellado.
	Se genera scrap en el área de extrusión, porque no se trabaja con los implementos adecuados.
	Cambios abruptos en la producción generan desperdicios.
Falta de tratamiento de los rollos en el proceso de extrusión.	

Con estos hallazgos se pudo tener una mejor idea de cómo funcionan los procesos, qué es lo que puede fallar en cada uno de ellos y las preocupaciones que tienen en la empresa y que desean mejorar.

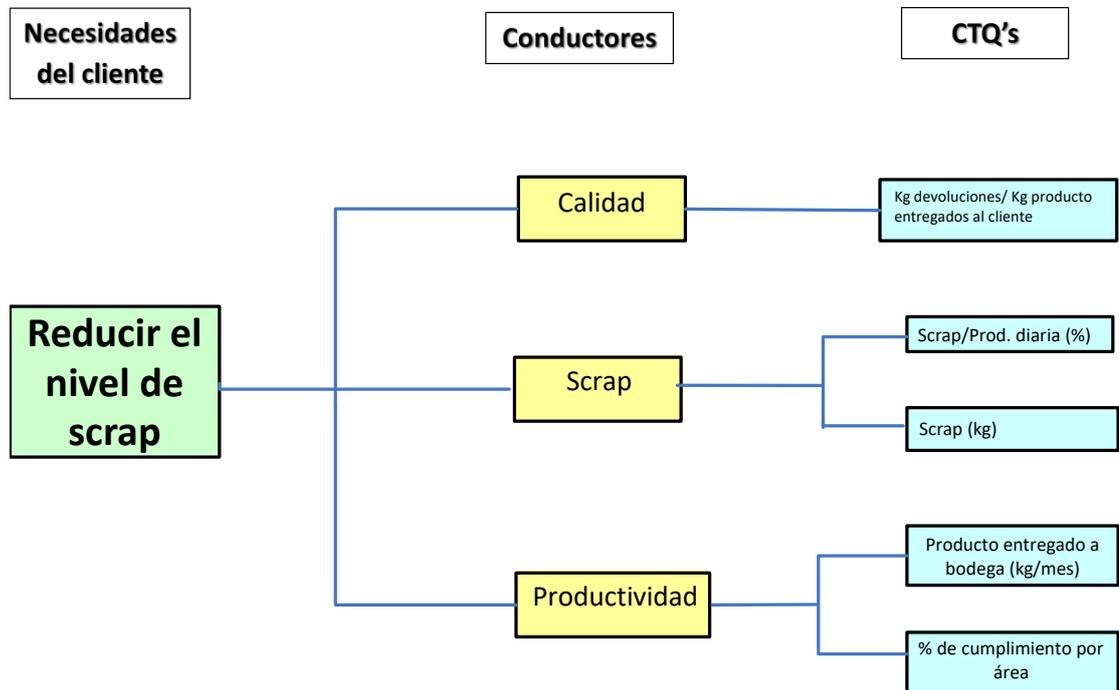
La siguiente herramienta es el Triple Bottom Line o Triple cuenta de resultados, la que ayuda a determinar la sostenibilidad del proceso en 3 factores: económico, social y ambiental. En la ilustración a continuación se observa además el impacto de socioeconómico, socioambiental y ambiental/económico:



**Figura 1.1 Triple impacto**

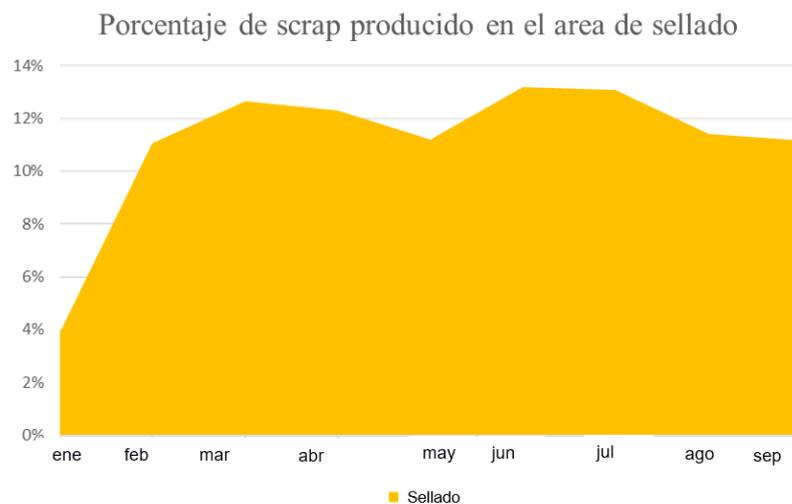
A partir de la figura 1.1, se concluye que la empresa apunta a la sostenibilidad, el proyecto como tal se apoya de estos 3 pilares que son fundamentales en las empresas, el scrap es un indicador en el que se enfocará el presente proyecto, con lo cual se ayudará a mejorar el impacto ambiental.

A partir de las herramientas aplicadas para el presente proyecto, se logra conformar el árbol de la calidad presentado a continuación en la siguiente ilustración:



**Figura 1.2 Árbol crítico de la calidad**

A partir de la figura 1.2, se analizaron cada una de las variables CTQ y se eligió el porcentaje por producción diaria, debido a que es lo que el cliente desea reducir y con lo cual se obtendrán cambios significativos. A continuación, en la figura 1.3, se realizó una serie de tiempos, usando el histórico de los datos, para lo cual se escogió el área de sellado que es la que representa el mayor porcentaje en la planta:



**Figura 1.3 Porcentaje de Scrap producido en el área de sellado**

Los datos que se utilizaron para realizar la serie de tiempos son correspondientes a los meses desde enero hasta septiembre. En la figura 1.3, se puede observar que, al pasar del mes de enero hasta el mes de febrero, hubo un incremento de scrap considerable, del 4% pasó a ser un 11% de desperdicio en el área de sellado y se ha mantenido por en el tiempo incrementando en ciertos meses.

El porcentaje promedio de scrap se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje promedio de scrap} = \frac{\text{Kg de scrap mensual}}{\sum \text{Kg de scrap mensuales}} \quad (1.1)$$

### **Ecuación 1.1 Porcentaje promedio de scrap**

Con todo esto se procede a definir el problema del presente proyecto como: “El porcentaje promedio de scrap en el área de sellado ha incrementado al 11% entre enero y septiembre de 2022, mientras que el porcentaje máximo de scrap producido debería ser del 7% mensual”.

## **1.2 Justificación del problema**

La planta productora de empaques plásticos, especialmente de fundas plásticas, mantiene la necesidad de reducir el nivel de desperdicios, para mejorar la productividad de la empresa. Esta se ha visto afectada en los últimos meses con un aumento del porcentaje de Scrap.

El problema surge a partir del mes de febrero del 2022, ya que el porcentaje de scrap se eleva de un 4% en enero a un 11% en el mes de febrero y no se ha presenciado reducción alguna. Esto provoca pérdidas de producción y tiempo, porque los recursos no se aprovechan completamente y además se generan reprocesos, de manera que una alta cantidad de kilogramos de producto terminado son tomados como desperdicios al final del día. Luego del análisis estadístico que se llevó a cabo, se pudo evidenciar que la mayor cantidad de scrap, se produce en el área de sellado.

Se espera que diariamente se produzca 1412 Kg para las tres áreas de producción y específicamente para el área de sellado 988 Kg que representa el 7%. Sin embargo, los últimos meses se ha reportado un aumento que alcanza entre el 11 al 13%.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Reducir el porcentaje de scrap en la planta productora de empaques plásticos aplicando la metodología DMAIC de mejora continua y así optimizar la productividad de la empresa.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Medir la variable de respuesta a través de la interpretación de datos históricos y de la muestra tomada con los conocimientos de estadística.
- Analizar las causas del problema involucrando a las personas que intervienen en el proceso con el fin de determinar las causas raíz.
- Implementar una o algunas soluciones de mejora que actúen directamente en las causas raíz para alcanzar la meta.
- Crear un plan de control para lograr una mejora continua en el proceso y corroborar la efectividad de las soluciones aplicadas.

## **1.4 Marco teórico**

La metodología DMAIC es aplicada frecuentemente en la industria específicamente en el área de mejora continua tanto para procesos como para productos. El objetivo de esta metodología es resolver los problemas con el uso de técnicas estadísticas que muestren datos reales sobre la problemática y busca corroborar las ideas que se aparezcan como causa del problema. La metodología cuenta con cinco diferentes etapas que serán descritas a continuación (Alcaraz, Sanchez Ramirez, & Gil Lopez, 2021).

En la primera etapa de definición, se debe identificar claramente el problema contestando los “3W-2H” que se refiere a ¿Qué sucede?, ¿Dónde sucede?, ¿Cuándo sucede?, ¿Qué tanto? y por último ¿Cómo se conoce el problema? Estas preguntas se pueden responder luego de haber realizado un estudio mediante las herramientas del VOC, mapa de empatía, diagrama de afinidad para identificar los procesos, los recursos y las personas que intervienen. Luego, se puede mostrar el árbol crítico de la calidad para determinar las variables respuesta.

En la segunda etapa del proceso, medición, se toman los datos reales acerca de la problemática para medir el desempeño del proceso o producto que se espera mejorar.

Es necesario identificar toda la cadena de valor del proceso o producto, las actividades que agregan y las que no agregan valor. Se debe utilizar herramientas estadísticas para validar la confiabilidad de los datos históricos y los de la muestra tomada. Con los resultados obtenidos, se debe enfocar el problema para analizar las causas.

En la tercera etapa de análisis, se comienza identificando las causas del problema enfocado mediante herramientas como diagrama de Ishikawa, matriz causa y efecto y AMEF. Se crea un plan de verificación de las causas potenciales halladas para demostrar si son significativas, para lo cual es importante la colaboración de los operarios involucrados en el proceso y el uso de las técnicas de estadística. Finalmente, se valida la importancia e influencia de cada una de las causas potenciales y se aplica la herramienta del “5 Por qué” para determinar las causas raíz (Alcaraz, Sanchez Ramirez, & Gil Lopez, 2021).

En la cuarta etapa de mejora, se debe proponer e implementar posibles soluciones que actúen directamente en las causas raíz. Es necesario contar con el aporte de las personas involucradas en el proceso para realizar pruebas piloto de las acciones de mejora. Se debe determinar si las acciones son viables y posibles de implementar.

En la última etapa de control, se espera dar seguimiento a la implementación de mejora durante un tiempo hasta verificar que las soluciones hayan sido exitosas y luego crear un plan de control que continúe guiando al proceso o producto.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Para profundizar sobre el problema presentado, se comenzó realizando entrevistas a los operadores de la planta y los hallazgos fueron presentados en los mapas de empatía. Esta herramienta se aplica para plasmar las observaciones de comportamiento del cliente e identificar sus necesidades. A continuación, se presentan los mapas de empatía del personal entrevistado:

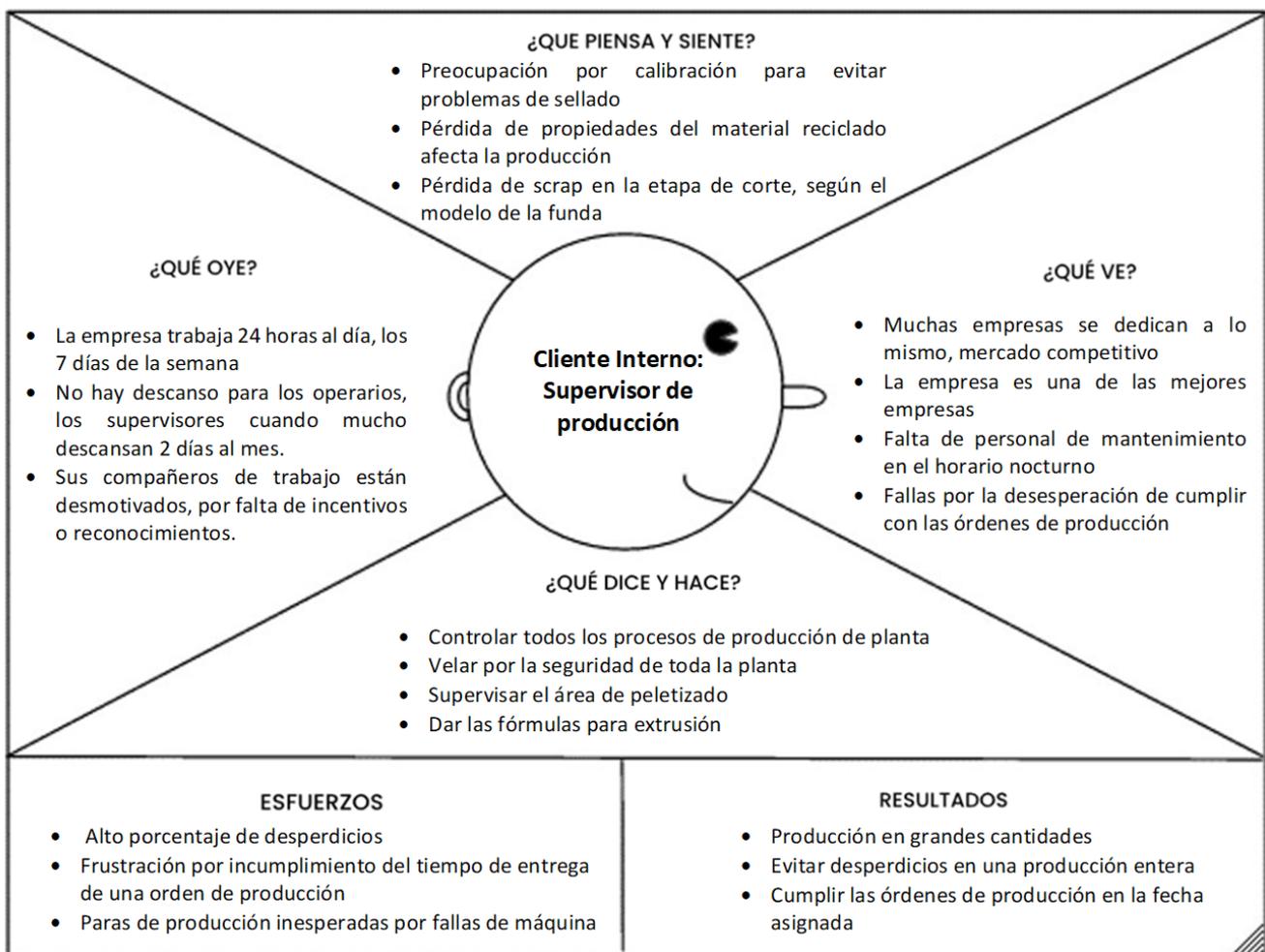
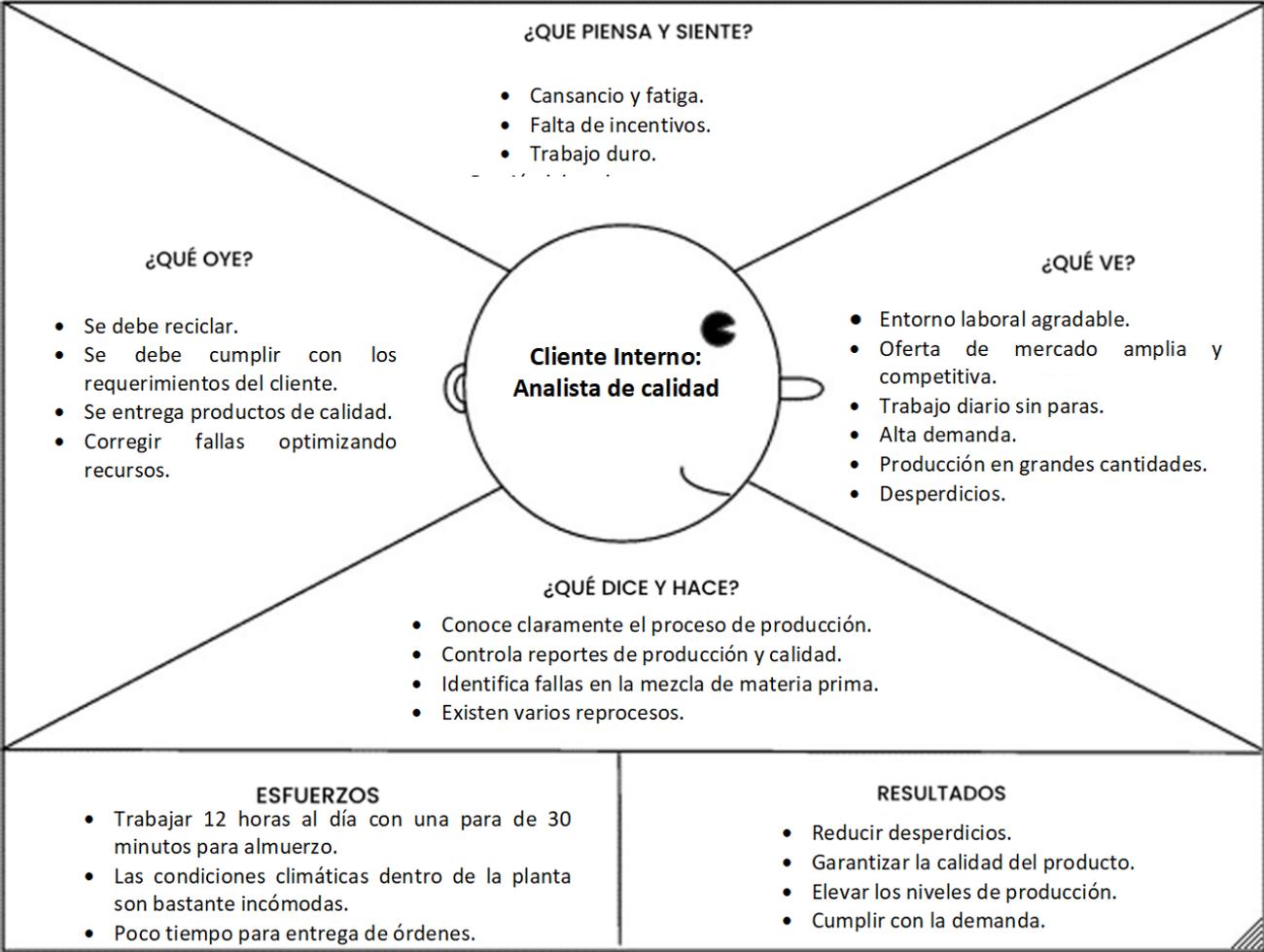


Figura 2.1 Mapa de empatía (Supervisor de producción)

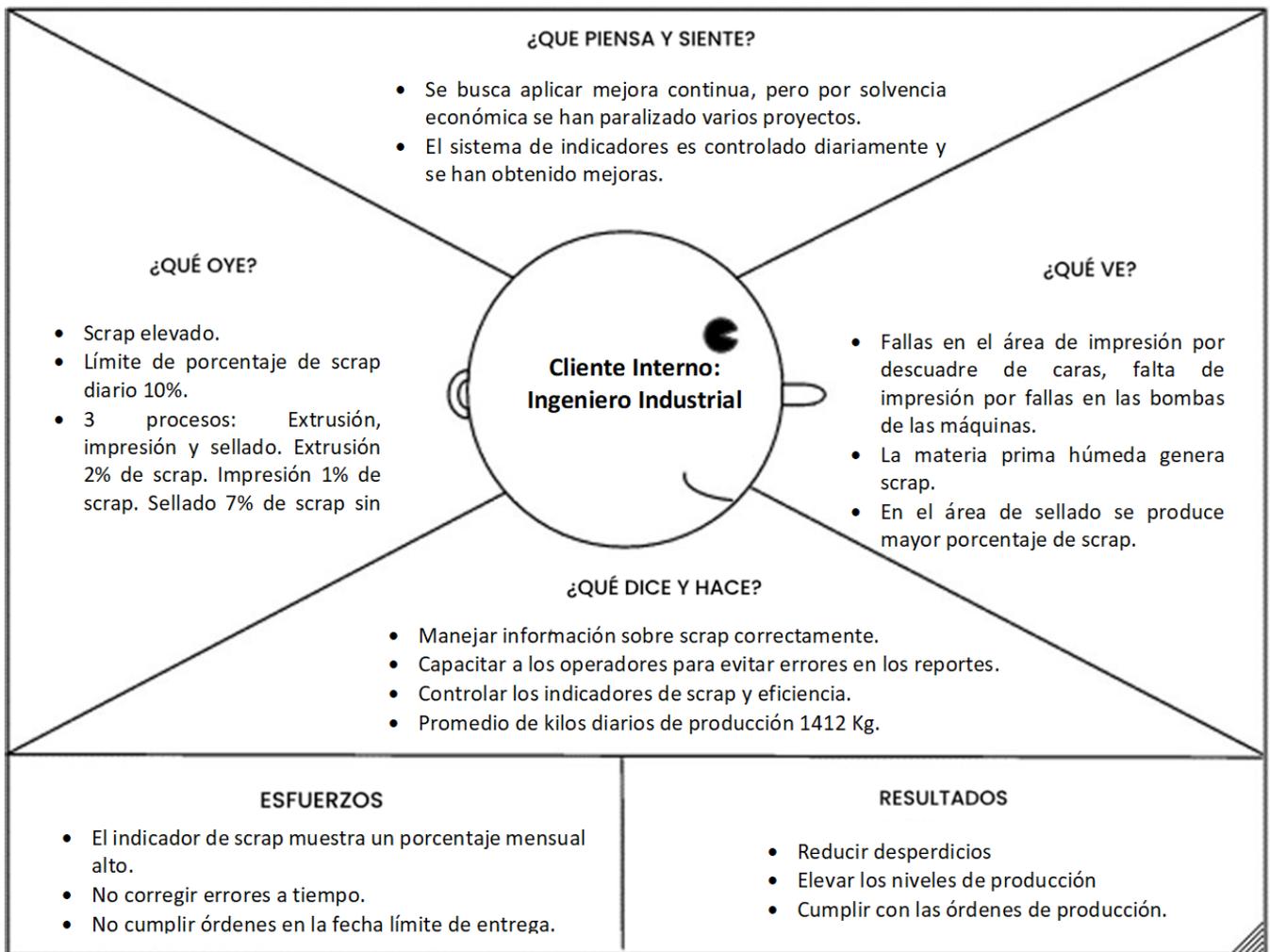
A partir del mapa de empatía del supervisor de producción mostrado en la figura 2.1, se pudo obtener información importante como la preocupación por problemas de sellado debido a la calibración de máquina, la desmotivación del personal por carga horaria, el

estrés de los operarios por cumplir con una orden a tiempo y datos relevantes que seguramente ayudarán a resolver el problema global.



**Figura 2.2 Mapa de empatía (Analista de calidad)**

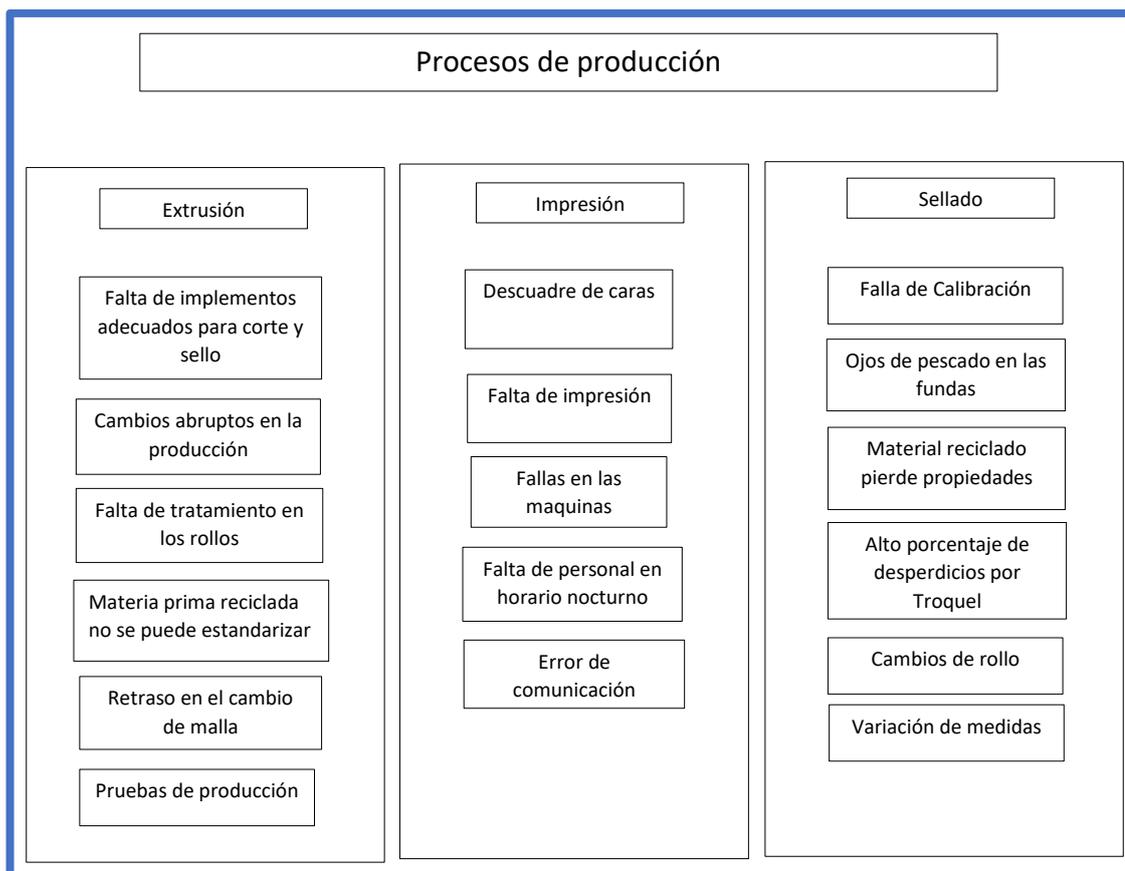
Los hallazgos más importantes del mapa de empatía del analista de calidad presentado en la figura 2.2 son: Los tiempos de entrega de órdenes son muy cortos, falta de incentivos al personal, desperdicios en el proceso, las condiciones climáticas de la planta son bastante incómodas.



**Figura 2.3 Mapa de empatía (Ingeniero industrial)**

La información más relevante que se pudo obtener del ingeniero industrial de la empresa mostrada en la figura 2.3: Se controlan indicadores de scrap, productividad y calidad diariamente, fallas en el área de impresión, materia prima húmeda genera scrap, el área de sellado es la más crítica en cuanto a scrap, información más enfocada en el tema de scrap ya que el ingeniero industrial se dedica a llevar el control de desperdicio en la empresa.

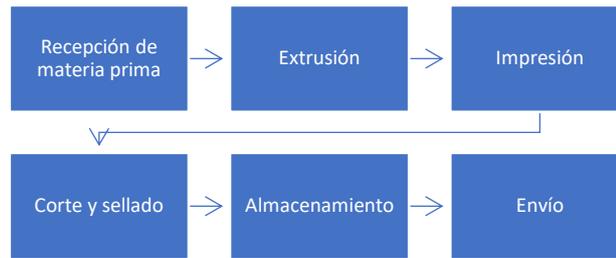
Luego de haber terminado con los mapas de empatía, se procede con el diagrama de afinidad, en el cual los hallazgos se clasifican de acuerdo con las áreas de la planta, como se muestra en la ilustración a continuación:



**Figura 2.4 Diagrama de afinidad**

En este diagrama de afinidad mostrado en la figura 2.4, se declararon los 3 problemas generales que se dan mayormente en la planta, que son: Problemas de calidad, de maquinaria y operativos, para organizar los hallazgos que se encontraron en las entrevistas antes mencionadas. Entre los problemas de calidad por ejemplo se encontró que se dan varios problemas de “ojos de pescado” en las fundas, estas son pequeñas manchas grisáceas que resultan en las fundas causadas por el uso de materia prima reciclada que es húmeda por tener alto porcentaje de tinta. En problemas de maquinaria ocurren seguido fallas de calibración. En problemas operativos las pruebas de producción generan desperdicios y además retrasos en la producción.

Posteriormente, en la etapa de medición, se realizó el diagrama de macroprocesos para identificar el proceso en el cual este proyecto se va a enfocar. Las actividades principales del proceso de producción son: Recepción de la materia prima, proceso de extrusión, impresión, corte y sellado, almacenamiento y envío. A continuación, se muestra el diagrama de macroprocesos para producción de fundas plásticas.



**Figura 2.5 Diagrama de macroprocesos de la producción de fundas plásticas**

A partir de la figura 2.5, se puede ubicar el proceso de sellado. El proyecto es enfocado en el proceso mencionado, pues este produce mayor cantidad de desperdicios en comparación con los demás. Por esta razón, es necesario analizar el proceso mediante un diagrama OTIDA, donde se visualizan las actividades que agregan valor y las que no agregan valor al proceso de producción.

**Tabla 2.1 Diagrama OTIDA del proceso de sellado**

	<b>Actividades</b>	<b>Funcionario</b>	●	▬	➔	◐	▼
1	Recibe rollo impreso	Operario de sellado			1		
2	Ingresa medidas del rollo en reporte de producción y calidad en el área de sellado	Operario de sellado				1	
3	Coloca el rollo en máquina	Operario de sellado	1				
4	Calibración de medida del rollo	Operario de sellado	1				
5	Calibra la máquina	Operario de sellado	1				
6	Enciende la máquina	Operario de sellado	1				
7	Cortar y sellar	Máquina automatizada	1				
8	Realiza prueba de calidad	Operario de sellado		1			
9	Apila los productos terminados	Operario de sellado					1
10	Empaca las fundas	Operario de sellado					1
<b>Tipo de actividad</b>	<b>Actual</b>	<b>Porcentaje</b>					

**Tabla 2.2 Actividades del proceso de sellado**

<b>Operaciones</b>	<b>5</b>	<b>50.00%</b>
<b>Inspecciones</b>	<b>1</b>	<b>10.00%</b>
<b>Transporte</b>	<b>1</b>	<b>10.00%</b>
<b>Demora</b>	<b>1</b>	<b>10.00%</b>
<b>Almacenamiento</b>	<b>2</b>	<b>20.00%</b>
<b>Total de actividades</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>

**Tabla 2.3 Actividades que agregan y no agregan valor del proceso de sellado**

<b>Agregan Valor</b>	5	50.00%
<b>No agregan Valor</b>	5	50.00%
Total de actividades	10	100%

Partiendo del diagrama OTIDA del proceso de sellado presentado en la tabla 2.1, se estableció un total de diez actividades en la tabla 2.2, entre ellas cinco operaciones que agregan valor. Estas operaciones que agregan valor mostradas en la tabla 2.3 equivalen al 50% de las actividades y son: colocar el rollo en máquina, calibrar la medida del rollo, calibrar la máquina, encender la máquina, cortar y sellar. Estas actividades son realizadas entre el operario de sellado y la máquina automatizada.

Por otro lado, entre las actividades que no agregan valor tenemos una de transporte como recibir el rollo impreso, una demora como ingresar las medidas del rollo en el reporte, una inspección como realizar prueba de calidad, dos de almacenamiento como apilar los productos terminar y empaçar las fundas. Estas actividades son realizadas por el operario de sellado de forma manual.

### **2.1 Plan de recolección de datos**

A partir de la diagramación del proceso de sellado para la producción de fundas plásticas, se detalla el plan de recolección de datos, el cual se llevó a cabo dentro de la empresa. Este plan fue aprobado por el gerente de planta, quien supervisa actualmente nuestro trabajo. A continuación, se pueden observar todos los factores que se tomaron en cuenta al momento de recolectar los datos necesarios para la problemática en la tabla 2.4.

**Tabla 2.4 Plan de recolección de datos**

Datos			
¿QUÉ?			TIPO DE DATOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cantidad diaria de desperdicios generada en el área de sellado</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Continuos</li> </ul>
Definiciones y procesos operativos			
Unidades de medida	Factores de estratificación	Notas de muestro	¿Cómo y dónde serán grabados?
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kilogramos</li> <li>Porcentaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mes</li> <li>Día</li> <li>Máquina</li> <li>Detalle del producto</li> <li>Causa</li> <li>Operador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestreo diario durante dos semanas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En las máquinas de sellado.</li> <li>Utilizando el reporte de sellado.</li> </ul>

## 2.2 Verificación de confiabilidad de los datos

Se tomaron los datos históricos de los desperdicios desde el mes de enero hasta septiembre en el área de sellado para comparar con la muestra y analizar la confiabilidad de los datos. A continuación, se presenta la tabla 2.5 con la data histórica en las selladoras medido en kilogramos.

**Tabla 2.5 Data histórica de los desperdicios en selladoras**

	SELL06	SELL08	SELL10	SELL11	SELL12	SELL13	SELL14	SELL15	SELL16	<b>SELL17</b>	SELL18	SELL19	SELL20	SELL21	SELL22
1	268,50	183,65	231,60	219,35	0,00	2801,40	151,70	191,40	688,85	<b>3144,70</b>	12,40	1768,20	1981,55	942,10	590,00
2	375,82	1771,80	2812,35	2294,10	2188,75	4573,00	1752,30	1974,60	1124,55	<b>6645,56</b>	335,55	4446,65	3212,95	1679,95	2238,55
3	1328,15	2341,70	2595,75	1690,15	2201,05	3355,35	1274,95	2354,90	2267,95	<b>7940,16</b>	643,00	5201,15	5754,00	2481,48	466,55
4	985,55	1122,16	1890,30	1176,80	4770,65	6501,40	1048,20	1078,60	1904,75	<b>6645,70</b>	1383,40	4206,85	4556,20	2566,00	0,00
5	586,50	1412,00	1373,55	2902,80	5281,00	4351,95	1555,90	516,05	764,30	<b>8761,55</b>	708,20	4070,70	4174,92	1237,85	0,00
6	880,47	443,15	3035,45	1701,00	6126,20	7277,70	2078,15	596,30	397,00	<b>5300,24</b>	868,20	8032,85	5955,34	1096,80	0,00
7	164,85	324,60	3311,60	1494,31	2665,40	4622,65	2790,35	1728,00	1033,30	<b>5042,00</b>	1116,05	9186,25	8393,00	858,40	0,00
8	146,7	385,6	2550,7	1580,1	2285,5	7539,9	767,6	1015,0	777,1	<b>3839,6</b>	989,1	6832,8	7842,8	1017,6	121,0
9	237,9	546,4	2650,1	825,7	2003,3	7325,1	1527,2	522,9	430,0	<b>6541,2</b>	583,0	8131,4	2356,7	700,0	2133,6
Total	4974,34	8530,96	20451,35	13884,24	27521,75	48348,35	12946,30	9977,70	9387,80	<b>53860,61</b>	6638,85	51876,89	44227,46	12580,18	5549,70

A partir de los resultados obtenidos del total de desperdicios en kilogramos en la tabla 2.5, se demostró que la máquina selladora 17 produce mayor cantidad de desperdicios con un total de 53.860,61 kilogramos. Por lo tanto, es necesario enfocar el presente proyecto en la máquina mencionada para reducir su nivel de desperdicios de manera significativa. Así mismo, se puede observar en la tabla siguiente el porcentaje de desperdicios por mes desde enero hasta septiembre en la selladora 17.

**Tabla 2.6 Nivel de desperdicios en la selladora 17**

Mes	SELL17
Enero	23,87%
Febrero	17,76%
Marzo	18,52%
Abril	15,94%
Mayo	23,08%
Junio	11,87%
Julio	11,36%
Agosto	9,92%
Septiembre	17,30%
<b>%Scrap promedio</b>	<b>17%</b>

Estos valores mostrados en la tabla 2.6, nos indican que la selladora 17 presenta un índice de desperdicios mensual por arriba de lo esperado con un 17% promedio entre enero y septiembre.

A continuación, se calcula el tamaño de muestra con la siguiente ecuación, que se debe tomar para luego realizar la verificación entre los datos históricos y los datos de la muestra tomada durante las últimas dos semanas del mes de noviembre en el área de sellado.

$$n = \left(\frac{d}{2}\right)^2 (p)(1 - p) \quad (2.1)$$

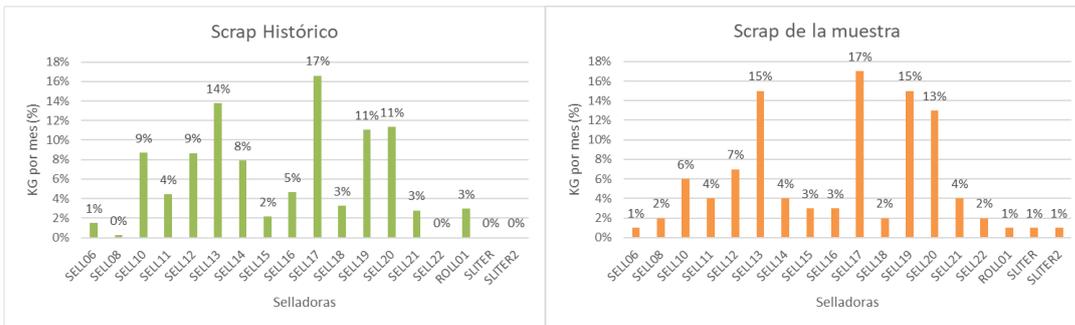
#### **Ecuación 2.1 Tamaño de muestra**

donde la variable “p” estima la proporción de la población que sigue un nivel de desperdicios alto, en este caso p es igual a 0,17. En el caso de la variable “d” que indica el nivel de precisión de la muestra, es igual a 0,03. Como resultado tenemos que, el tamaño de muestra es igual a 627,25 datos, el cálculo se muestra a continuación.

$$n = \left(\frac{0,03}{2}\right)^2 (0,17)(1 - 0,83)$$

$$n = 627,25$$

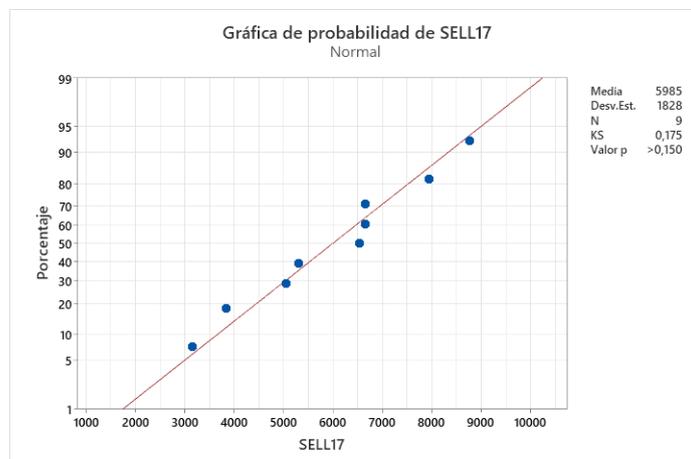
Los datos fueron tomados de manera exitosa y se puede mostrar la verificación de los datos de la muestra tomada durante las últimas dos semanas en el área de sellado y la data histórica de desperdicios desde enero a septiembre.



**Figura 2.6 Verificación de los datos**

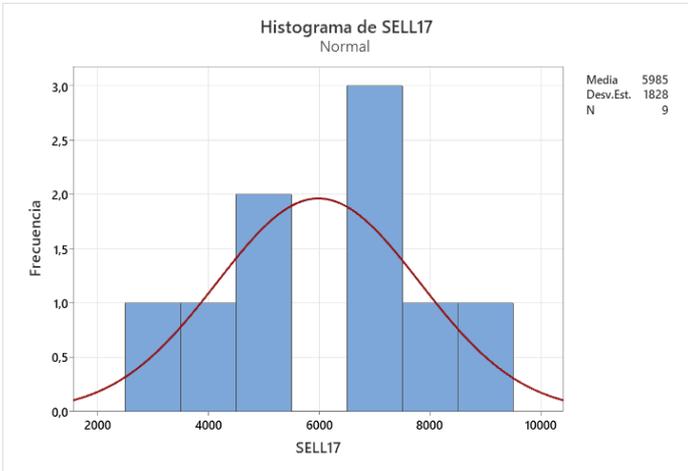
Se puede observar en la figura 2.6, que la data histórica y la data de la muestra poseen datos confiables en un 80% (comparando la similitud de los datos del histórico y de la muestra, considerando aceptable que estos son similares hasta un incremento o disminución de 2% en la cantidad porcentual). Lo que es beneficioso para el presente proyecto ya que denota que los resultados que se obtendrán serán confiables, por trabajar con diferentes periodos y que los datos varíen normalmente.

La máquina selladora 17 genera un 17% de desperdicios en ambos casos. Analizando los datos de la gráfica 2.7, se puede demostrar que siguen una distribución normal.



**Figura 2.7 Gráfica de probabilidad**

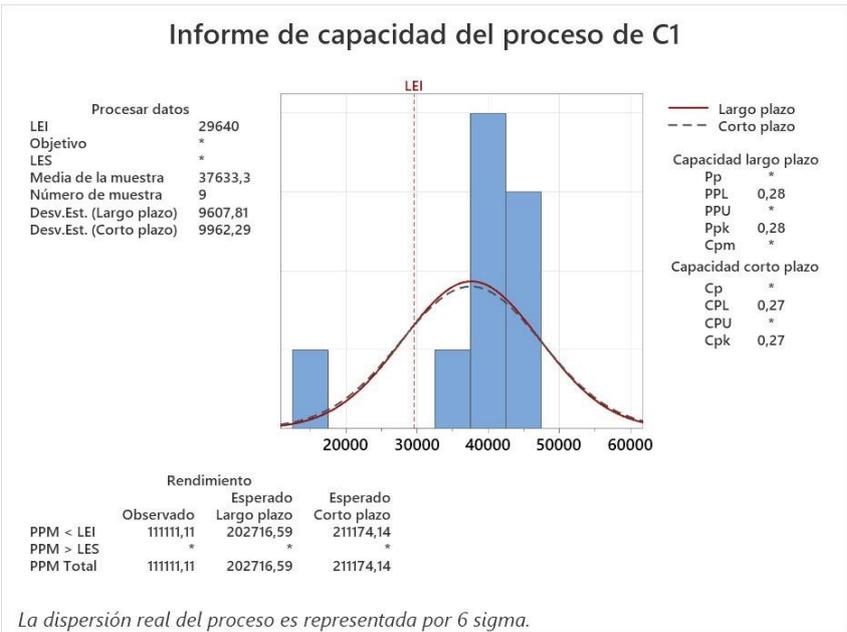
A partir de la figura 2.7, se puede mostrar que los datos siguen una distribución normal, no existen datos atípicos y el valor p es mayor a 0,15, lo cual muestra que no existe una diferencia significativa entre los datos. Se procede a analizar la media y la desviación estándar de la misma.



**Figura 2.8 Histograma de media y desviación estándar**

Se puede observar en el histograma adjuntado en la figura 2.8, que la media es 5985 Kg, se muestra proporcional a la secuencia de los datos y con una desviación estándar igual a 1828 Kg.

**2.3 Análisis de capacidad**



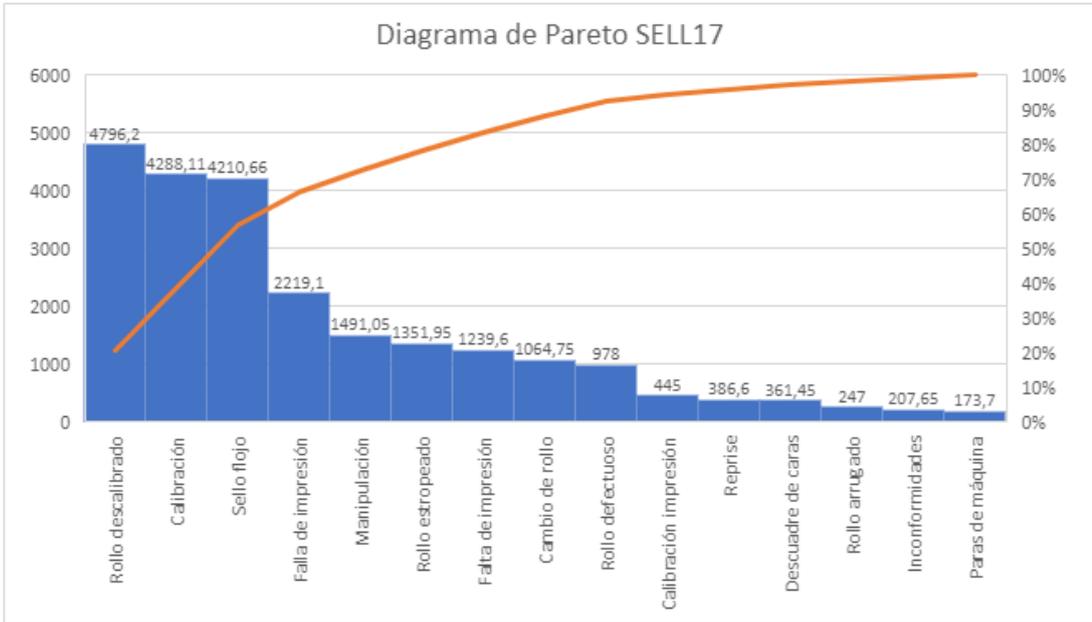
**Figura 2.9 Informe de capacidad**

Para verificar si el proceso de sellado es capaz o no se realizó un análisis de capacidad en el programa Minitab. Para llevar a cabo este análisis se determinó previamente el tamaño de la muestra que es de 627 datos, se definieron los límites de capacidad, en este caso solo el límite superior, ya que mientras menos desperdicios se produzca, mejor para la empresa, con lo que el límite inferior no aplica para el presente proyecto.

A partir de la figura 2.9, se concluye que el proceso no es capaz, al tener un CPK menor a 1.33, que es el recomendado, lo que indica que el proceso no es capaz, al no cumplir con las especificaciones del cliente.

**2.4 Problema enfocado**

En primer lugar, para determinar el problema enfocado como variables de salida, se realizó una estratificación por causas para determinar las causas potenciales del mismo. A continuación, se muestra la figura 2.10 con todas las causas que generan el problema mencionado y se detalla la cantidad de kilogramos de desperdicios en la máquina 17.



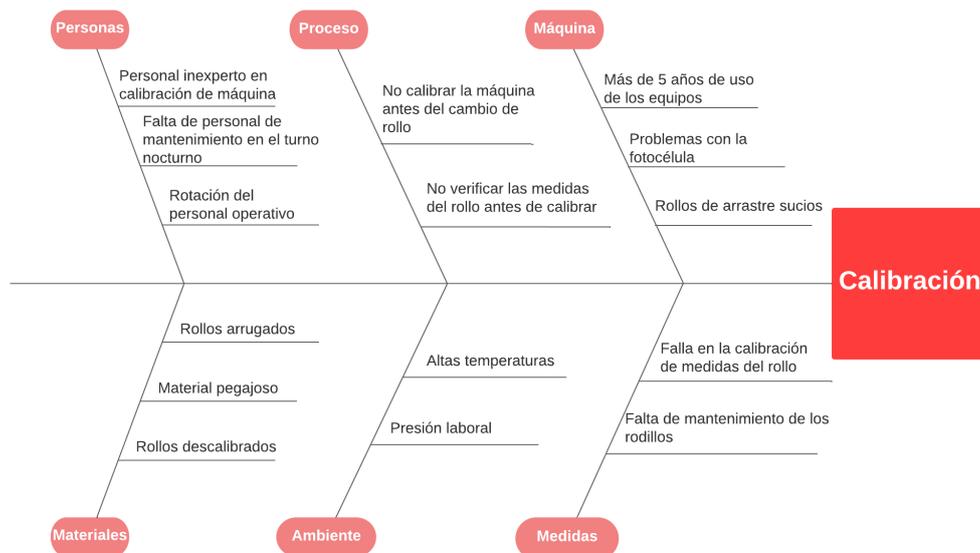
**Figura 2.10 Estratificación por causas**

- Problema enfocado 1:  
Alto porcentaje de desperdicios en la máquina selladora 17 causado por rollo descalibrado.
- Problema enfocado 2:  
Alto porcentaje de desperdicios en la máquina selladora 17 causado por calibración.
- Problema enfocado 3:  
Alto porcentaje de desperdicios en la máquina selladora 17 causado por sello flojo.

## 2.5 Análisis de causas

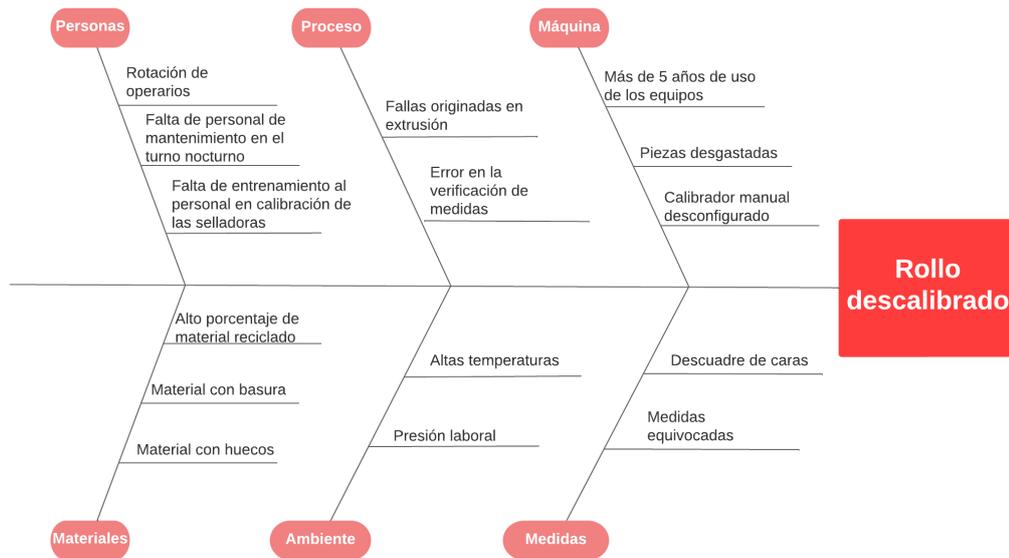
En esta etapa se va a realizar un análisis a cada problema enfocado, los cuales son rollo descalibrado, calibración en la máquina y sello flojo. Se procede a identificar las causas de cada uno de los problemas enfocados para luego hallar las causas potenciales con la matriz causa y efecto. Por otro lado, también realizamos un AMEF para identificar otras causas potenciales que tengan alto impacto y bajo esfuerzo. Con los resultados obtenidos, se procede a aplicar el “5 Por qué” para determinar las causas.

En este primer paso se identifican las causas de los problemas enfocados. En las figuras mostradas a continuación, se pueden visualizar los diagramas de Ishikawa construidos a partir de la información recolectada durante las visitas a la planta y las entrevistas realizadas a los operarios.



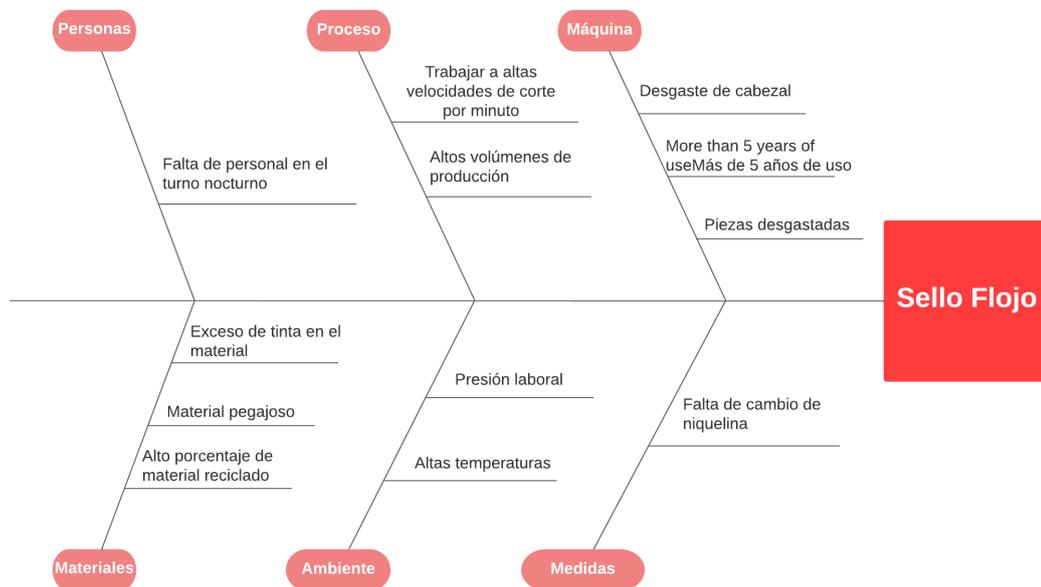
**Figura 2.11 Diagrama de Ishikawa de Calibración**

A partir de la figura 2.11, los datos más importantes del problema de calibración que se ha podido identificar son: fallas en la calibración de medidas del rollo, personal inexperto en calibración de máquina, no calibrar la máquina antes del cambio de rollo, presión laboral.



**Figura 2.12 Diagrama de Ishikawa de Rollo descalibrado**

En la figura 2.12, en cuanto a rollo descalibrado los hallazgos más relevantes son: calibrador desconfigurado, medidas equivocadas, material con huecos.



**Figura 2.13 Diagrama de Ishikawa de Sello flojo**

En el diagrama de Ishikawa de sello flojo presentado en la figura 2.13, se tiene algunos hallazgos importantes como: desgaste de cabezal, alto porcentaje de material reciclado, trabajo a altas velocidades por minuto.

Para el desarrollo de esta matriz Causa – Efecto se utilizó un rango de medidas para el impacto adjunto en la tabla 2.7, las cuales fueron utilizadas para que los expertos

indicados en la tabla 2.8 respondan según su opinión sobre la causa hallada y con el resultado obtenido poder identificar las causas que generan mayor impacto.

**Tabla 2.7 Rangos de medida para el impacto**

IMPACTO	
0	No impacta
1	Bajo impacto
3	Medio impacto
9	Alto impacto

**Tabla 2.8 Expertos de sellado**

Experto	
Experto 1	Supervisor de la planta
Experto 2	Analista de calidad
Experto 3	Operador de sellado

En la siguiente tabla 2.9, se muestra la matriz con las causas para el primer problema enfocado que es calibración de la máquina selladora.

**Tabla 2.9 Matriz Causa-Efecto para calibración**

MATRIZ CAUSA-EFECTO					
#	CAUSAS X's	Y1: Calibración de la máquina			
		Experto 1	Experto 2	Experto 3	Total
x1	<b>Personal inexperto en calibración</b>	3	3	9	15
x2	<b>Falta de personal de mantenimiento en horario nocturno</b>	3	3	9	15
x3	Rotación del personal	3	3	3	9
x4	<b>No calibrar la máquina antes del cambio de rollo</b>	9	9	3	21
x5	No confirmar las medidas del rollo antes de la calibración	3	3	1	7
x6	Máquinas con más de 5 años de uso	3	3	3	9
x7	Problemas en la fotocélula	3	3	3	9
x8	Rodillos de arrastre sucios	1	1	1	3
x9	Rollos arrugados	3	1	1	5
x10	Material pegajoso	1	0	0	1
x11	Rollo descalibrado	3	1	3	7
x12	Alta temperatura del ambiente	1	3	3	7
x13	<b>Presión laboral</b>	3	3	9	15
x14	Fallas en la calibración de medidas del rollo	1	1	1	3
x15	Falta de mantenimiento de los rodillos de arrastre	3	3	3	9

Para elaborar esta matriz de la tabla 2.9, se tomaron todas las causas que se tienen en el respectivo diagrama de Ishikawa para calibración, junto con los expertos se ha dado

calificaciones (entre 0, 1, 3 y 9) sobre el impacto que tiene cada una de las causas, para tener finalmente las más importantes y poder enfocar más el problema.

En la siguiente tabla se muestra la matriz con las causas para el segundo problema enfocado que es rollo descalibrado:

**Tabla 2.10 Matriz Causa-Efecto para rollo descalibrado**

MATRIZ CAUSA-EFECTO					
#	CAUSAS X's	Y1: Rollo descalibrado			
		Experto 1	Experto 2	Experto 3	Total
x1	Rotación del personal	9	3	3	15
x2	Falta personal de mantenimiento en horario nocturno	3	3	9	15
x3	Falta de entrenamiento en colocar rollo en máquina	3	9	1	13
x4	Descuadre del grosor	3	3	3	9
x5	<b>Medidas equivocadas</b>	9	9	9	27
x6	Equipos con más de 5 años de uso	3	3	1	7
x7	Piezas desgastadas	3	3	3	9
x8	<b>Calibrador desconfigurado</b>	3	9	9	21
x9	Alta temperatura en el entorno	1	0	3	4
x10	Presión laboral	1	0	3	4
x11	Material reciclado	3	3	3	9
x12	<b>Material con huecos</b>	9	9	9	27
x13	Basura en el material	3	9	3	15
x14	Fallas originadas en extrusión	9	3	3	15
x15	Error en la verificación de medidas del rollo	3	9	3	15

Para elaborar esta matriz en la tabla 2.10, se tomaron todas las causas que se tienen en el respectivo diagrama de Ishikawa para rollo descalibrado, junto con los expertos se ha dado calificaciones (entre 0, 1, 3 y 9) sobre el impacto que tiene cada una de las causas, para tener finalmente las más importantes y poder enfocar más el problema.

En la siguiente tabla se muestra la matriz con las causas para el tercer problema enfocado que es sello flojo:

**Tabla 2.11 Matriz Causa-Efecto para sello flojo**

MATRIZ CAUSA-EFECTO					
#	CAUSAS X's	Y1: Sello Flojo			
		Experto 1	Experto 2	Experto 3	Total
x1	Falta de personal de mantenimiento en horario nocturno	3	3	3	<b>9</b>
x2	<b>Trabajo a alta velocidad de corte por minuto</b>	3	3	9	<b>21</b>
x3	<b>Desgaste de cabezal</b>	9	3	9	<b>21</b>
x4	Máquinas con más de 5 años de uso	3	1	3	<b>7</b>
x5	Piezas desgastadas	3	3	1	<b>7</b>
x6	Material húmedo por exceso de tinta	3	3	3	<b>9</b>
x7	Material pegajoso	3	9	3	<b>15</b>
x8	<b>Alto porcentaje de material reciclado</b>	9	9	9	<b>27</b>
x9	Presión laboral	3	1	1	<b>5</b>
x10	Trabajo a alta temperatura	1	1	3	<b>5</b>
x11	Cambio tardío de niquelina	9	3	3	<b>15</b>
x12	Alto volumen de producción	3	1	3	<b>7</b>

Para elaborar esta matriz en la tabla 2.11, se tomaron todas las causas que se tienen en el respectivo diagrama de Ishikawa para sello flojo, junto con los expertos se ha dado calificaciones (entre 0, 1, 3 y 9) sobre el impacto que tiene cada una de las causas, para tener finalmente las más importantes y poder enfocar más el problema.

Se realizó el diagrama AMEF para identificar los modos potenciales de fallo, efectos y sus causas potenciales. Los efectos potenciales de fallo son evaluados con el rango de medida de severidad, las causas potenciales de fallo son evaluadas con los valores de ocurrencia y detección respectivos. Por último, se identifica el nivel de prioridad para cada causa potencial.

Proceso	Paso del proceso	Objetivo	Modo potencial de fallo	Efectos potenciales de fallo	Severidad	Causas potenciales de fallo	Ocurrencia	Sistemas de control	Detección	Action Priority
Sellado	Setear la máquina	Preparar la máquina para la producción	Ingreso de medidas equivocadas del rollo	Producción con medidas distintas	4	El operador no utiliza correctamente las herramientas de medición	4	No existe	2	Baja
	Poner el rollo en máquina	Preparar el material para producción	Posición incorrecta del rollo	Imposibilidad para comenzar la producción	6	Falta de uso de herramientas de medición por parte del operario	4	No existe	4	Baja
			Falta de ajuste del rollo en máquina			El operador desconoce cuánta presión se debe aplicar para el ajuste	4	No existe	6	Baja
	Calibrar la máquina	Operar de forma continua y eficiente	Fallas de calibración	Producción descalibrada	6	Presión laboral	5	Chequeo del supervisor	6	Baja
			Descalibración repentina de la máquina			No calibrar la máquina entre los cambios de rollo	7	Chequeo del supervisor	4	Media
	Encender la máquina	Lograr producir sin paras de máquina	Atascamiento de las fundas en los rodillos	Imposibilidad de continuar con el proceso	6	Descalibración del rollo proveniente de extrusión	6	Control visual	5	Media
	Corte y Sello	Lograr un corte y sello que esté dentro de los límites de especificación del cliente	Sello flojo	Fundas que se rompen en la parte del sellado	7	Desgaste de niquelina	6	Chequeo del operario de sellado	2	Alta
			Corte descalibrado	Fundas camiseteras con diferentes tamaños de agarraderas	9	Descalibración de la máquina	7	Control visual	6	Alta
	Troquelado	Obtener una funda con agarraderas, tipo camiseta	Troquelado con imperfecciones	Fundas que llegan al final del proceso con el troquel pegado a ellas	6	Falla en el afilado del troquel de corte	5	No existe	4	Baja
	Prueba de calidad	Certificar que los productos cumplen con la calidad necesaria	Suciedad en las fundas	Imposibilidad de continuar con el proceso	5	Falta de limpieza de los rodillos	4	Chequeo del operario de sellado	3	Baja
Fundas con "ojos de pescado"			Producto terminado es tomado como scrap	5	Alto porcentaje de material reciclado	5	Chequeo del operario de sellado	3	Media	

Figura 2.14 AMEF

Primero, en el diagrama AMEF de la figura 2.4, se detallaron los pasos del proceso de sellado para establecer el objetivo de cada uno de ellos, luego se definieron los modos potenciales de fallo que responden a la manera en que el proceso o producto puede fallar. Posteriormente, se definieron los efectos potenciales de fallo que muestran el resultado sobre el producto o proceso y estos son evaluados según el nivel de severidad.

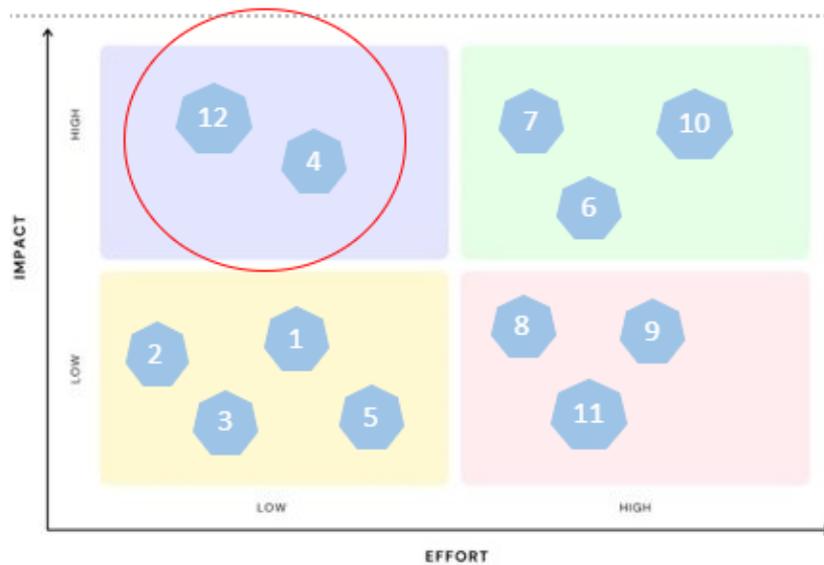
Las causas potenciales fueron determinadas para cada modo potencial de fallo y estas fueron evaluadas según su nivel de ocurrencia. Así mismo, es importante identificar si existe algún sistema de control para cada causa potencial y evaluar según el nivel de detección. Por último, las causas con alta prioridad según los valores de severidad, ocurrencia y detección son desgaste de niquelina y descalibración de la máquina.

A continuación, se enlistan todas las causas potenciales con mayor impacto halladas en las herramientas utilizadas anteriormente para su análisis.

**Tabla 2.12 Causas potenciales**

<b>Causas potenciales</b>	
<b>1</b>	Medidas equivocadas
<b>2</b>	Calibrador desconfigurado
<b>3</b>	Material con huecos
<b>4</b>	Personal inexperto calibrando la máquina
<b>5</b>	Falta de personal de mantenimiento en horario nocturno
<b>6</b>	No calibrar la máquina antes del cambio de rollo
<b>7</b>	Presión laboral
<b>8</b>	Trabajo a altas velocidades de corte por minuto
<b>9</b>	Desgaste de cabezal en máquinas de sellado
<b>10</b>	Alto porcentaje de material reciclado
<b>11</b>	Descalibración de la máquina
<b>12</b>	Desgaste de niquelina

A partir de la tabla 2.12, donde se muestran las causas potenciales, se procede a ubicarlas en la matriz impacto-esfuerzo para tomar las causas con alto impacto y menor esfuerzo.



**Figura 2.15 Matriz impacto-esfuerzo**

Los resultados obtenidos a partir de la matriz impacto-esfuerzo en la figura 2.15, son dos causas potenciales identificadas como personal inexperto calibrando la máquina y desgaste de niquelina.

### 2.6 Plan de verificación de causas

Para determinar si las causas potenciales que se hallaron en el paso anterior son realmente significativas para los problemas enfocados, se realizó un plan proponiendo un análisis mediante GEMBA, como se muestra en la figura 2.16:

Causas potenciales	Teoría sobre el impacto	¿Cómo verificarlo?	Estado
Personal inexperto calibrando la máquina	La falta de experiencia del personal en calibración disminuye los kilogramos de producción durante una jornada laboral.	GEMBA: Estadística - Kilogramos producidos por un operador con experiencia y los kilogramos producidos por un operador sin experiencia.	Por verificar
Desgaste de niquelina	El desgaste de niquelina aumenta el número de fundas con fallas por sello flojo.	GEMBA: Observación del estado y cambio de la niquelina durante quince días.	Por verificar

**Figura 2.16 Plan de verificación de causas**

#### 2.6.1 Personal inexperto calibrando la máquina

Se realizó una prueba de hipótesis de diferencia de medias entre la cantidad de producción en kilogramos por un operador inexperto y un operador experto, porque la

falta de experiencia en calibración produce una menor producción durante una jornada laboral.

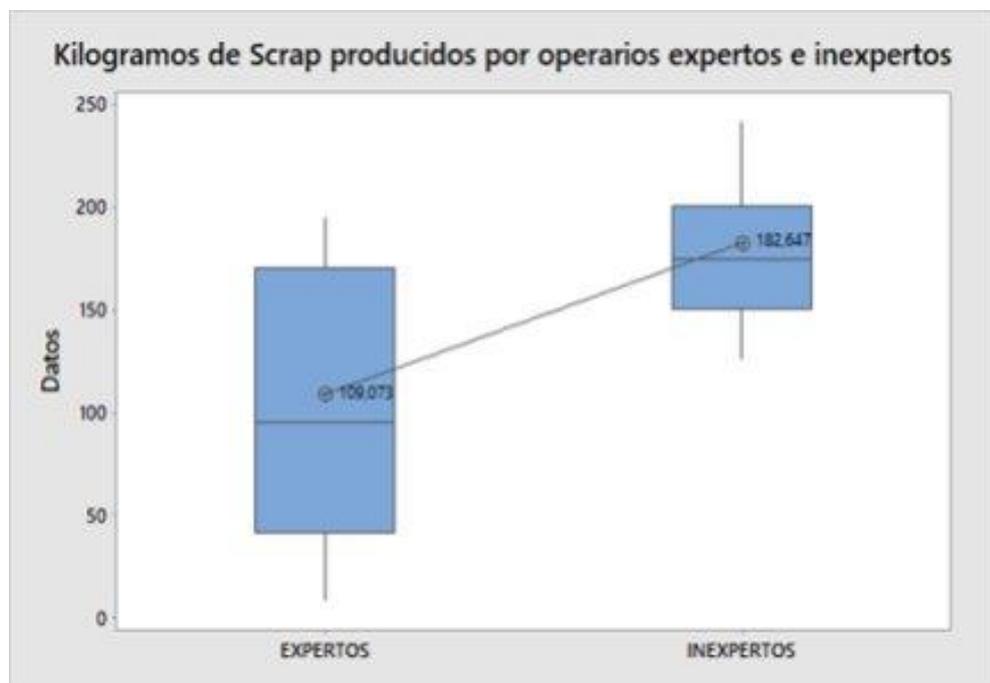
*Ho: La diferencia entre las medias es igual a cero*

*H1: La diferencia entre las medias no es igual a cero*

A partir de la data obtenida de la producción del personal inexperto y la del personal experto mostradas en la tabla 2.13, se puede visualizar la diferencia entre las medias a través de una gráfica de cajas y la prueba de hipótesis en Minitab mostrada en la figura 2.17.

**Tabla 2.13 Datos de la muestra**

	Producción del personal inexperto	Producción del personal experto
<b>Promedio</b>	182,60	109,10
<b>Desviación</b>	35,60	66,20
<b><math>\alpha</math></b>	0,05	0,05
<b>N</b>	15	15



**Figura 2.17 Gráfica de caja**

## Prueba T e IC de dos muestras: EXPERTOS; INEXPERTOS

T de dos muestras para EXPERTOS vs. INEXPERTOS

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
EXPERTOS	15	109,1	66,2	17
INEXPERTOS	15	182,6	35,6	9,2

Diferencia =  $\mu$  (EXPERTOS) -  $\mu$  (INEXPERTOS)

Estimación de la diferencia: -73,6

IC de 95% para la diferencia: (-113,9; -33,2)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. ≠): Valor T = -3,79 Valor p = 0,001 GL = 21

**Figura 2.18 Valor de p obtenido en Minitab**

A partir de la figura 2.18, se puede observar que el valor de p obtenido es igual a 0,001; por lo que se rechaza la hipótesis nula y la diferencia de medias es diferente de cero. Por lo tanto, se puede concluir que la causa es significativa.

### 2.6.2 Desgaste de niquelina

Se realizó una observación directa en la máquina selladora 17 durante 15 días para verificar si el operario ha realizado cambio de la niquelina por su desgaste y si eso ha provocado que se incremente scrap por sello flojo. El sellado depende de la temperatura de la niquelina y la presión, por lo que, si esta pieza se encuentra totalmente desgastada, no se tendrá los resultados esperados en producción.

Se evidenció que el operario espera a que exista un desgaste total de la pieza para cambiar la niquelina, lo que provoca que el número de fundas con sello flojo aumente. Esto sucedió en un periodo menor a 15 días, por lo que es necesario que el operario registre la fecha del cambio de niquelina y se fije un periodo de cambio entre 8 a 10 días para evitar desperdicios por sello flojo. Sin embargo, puede suceder que la máquina se encuentre parada y no se presenten fallas dentro de ese periodo.

Se procedió a comunicar al gerente de planta sobre este problema que presenta la niquelina al no ser cambiada a tiempo, pero nos indicó que el nuevo Software que se implementará para producción permitirá registrar aquello y por ahora no sería de su utilidad ni de su prioridad. Por lo tanto, se concluye que esta causa no es significativa.

## 2.7 Causas verificadas

Tabla 2.14 Causas verificadas

Causas potenciales	Teoría sobre el impacto	¿Cómo verificarlo?	Estado
Personal inexperto calibrando la máquina	La falta de experiencia del personal en calibración disminuye los kilogramos de producción durante una jornada laboral.	Estadística - Kilogramos producidos por un operador con experiencia y los kilogramos producidos por un operador sin experiencia.	Verificado. Significativo
Desgaste de niquelina	El desgaste de niquelina aumenta el número de fundas con fallas por sello flojo.	GEMBA: Verificación del estado y cambio de la niquelina durante quince días.	Verificado. No significativo

A partir de la tabla 2.14, las causas potenciales fueron verificadas mediante las herramientas estadísticas y GEMBA, por las cuales, se puede concluir que el personal inexperto calibrando la máquina es una causa significativa. Por otro lado, el desgaste de niquelina no cumple los requerimientos ni se muestra como una causa que sea posible enfocarnos en el presente proyecto.

A continuación, se presenta la herramienta del “5 Por Qué”, la misma que permitirá identificar la causa raíz de la causa potencial presentada anteriormente.

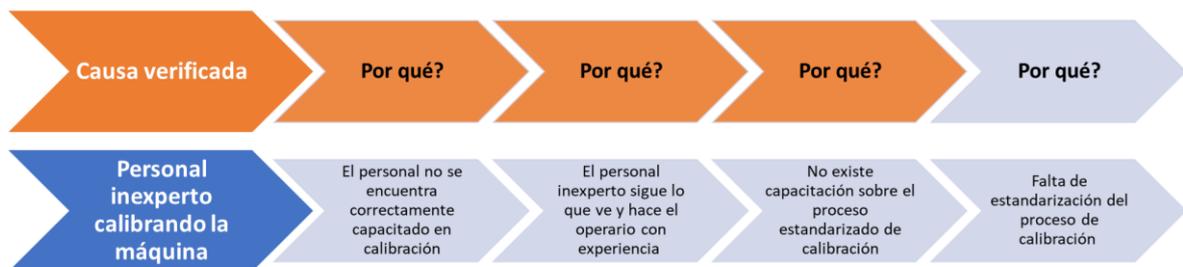


Figura 2.19 5 ¿Por qué?

Con la herramienta de los 5 por qué mostrada en la figura 2.19, se pudo identificar las causas raíz de los Y enfocados al cuarto por qué y se obtuvo como respuesta que existe una falta de estandarización del proceso de calibración.

A continuación, se presenta el plan de implementación que se seguirá para cumplir el objetivo de mejora y reducción de scrap. El plan detalla en la tabla 2.15 lo que se va a realizar, la razón, el lugar, los requerimientos y cuándo se llevará a cabo.

**Tabla 2.15 Plan de Implementación**

¿Qué?	¿Por qué?	¿Dónde?	Requerimientos	Costo	¿Cuándo?	Estado
<b>Estandarizar el proceso de calibración de la máquina.</b>	La falta de experiencia de los operarios en calibración genera desperdicios significativos.	Máquina selladora 17	Levantamiento del proceso de calibración de la máquina.	\$-	Fase piloto: diciembre 2022  Fase implementación:  Enero 2023	Procesado

A partir de la tabla 2.15, se determina que la estandarización del proceso de calibración de la máquina selladora 17 es viable y se especifica que la fase piloto comienza en diciembre 2022 y finaliza en enero 2023.

# CAPÍTULO 3

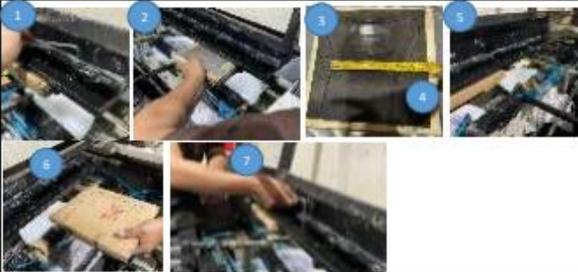
## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Implementación de mejora

Para la etapa de implementación, en vista de la falta de experiencia de los operadores para calibrar las máquinas selladoras, se propone la estandarización del proceso de calibración de máquina. El levantamiento del proceso se realizó en la máquina selladora 17, en la misma que se llevará a cabo toda la implementación y control. El proceso fue levantado y revisado junto al supervisor de planta, experto en calibración, quien entrena a los operadores nuevos.

Para ello, se presentó la figura 3.1 de una hoja de desglose con el proceso estandarizado, la misma que se muestra a continuación:

HOJA DE DESGLOSE		MÁQUINA:	Selladora 17			
FECHA: 20/12/2022		ELABORADO POR:		Adriana Smith Madeleine Galbor		
ÁREA: Sellado	TRABAJO: Calibrar la máquina	RAZONES PARA LOS PUNTOS CLAVE		CONTROL VISUAL		
PASOS IMPORTANTES	PUNTOS CLAVE					
	SEGURIDAD:					Evitar lesiones, ergonomía
	CALIDAD:					Evitar defectos, revisar fallas y estándares.
	TÉCNICA:					Movimiento eficiente
	COSTO:	Uso apropiado de materiales.				
Paso # 1						
Ubicar el rollo en el eje de la máquina	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tomar el rollo de la orden de producción correspondiente.</li> <li>2. Montar el rollo en el eje de la máquina.</li> <li>3. Centrar el rollo en el eje de la máquina.</li> <li>4. Ajustar las manzanas una vez fijado el rollo en el eje de la máquina.</li> </ol>	Permite mantener el rollo en el lugar adecuado durante la producción.	   			
Paso # 2						
Pasar la película por los rodillos locos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisar el diagrama de recorrido de la película establecido en la selladora.</li> <li>2. Tomar la película del rollo.</li> <li>3. Pasar la película entre los rodillos locos de la selladora.</li> </ol>	Logra que la película sea arrastrada por los rodillos de manera que se traslade hasta el final del proceso de sellado	  			
Paso # 3						
Medir la separación de las pistas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Confirmar las medidas de las fundas a producir con la orden de producción.</li> <li>2. Medir con el flexómetro la separación de las pistas en la cuchillas slitter.</li> </ol>	Logra que la separación de las pistas tengan la misma medida de las fundas y sirvan de guía durante la producción.	 			
Paso # 4						
Intercalar las pistas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tomar las pistas en la parte interna de la máquina.</li> <li>2. Ubicar las pistas de forma intercalada (arriba-abajo-arriba) en la selladora.</li> </ol>	Evita que las películas se vuelvan a unir.	 			
Paso # 5						
Pasar las películas hasta el rodillo de arrastre	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Volver a revisar el diagrama de recorrido de la película.</li> <li>2. Pasar las películas hasta el rodillo de arrastre</li> </ol>	Permite que las películas pasen por toda la máquina de sellado.	 			
Paso # 6						
Ingresar aire a las películas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tomar la manguera de aire.</li> </ol>	Permite que se pueda realizar el fuelle sobre la película.	 			

	2. Ingresar aire sobre la funda de forma manual.		
<b>Paso # 7</b>			
Calibrar los fuelles	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisar la orden de producción.</li> <li>2. Tomar las medidas de la funda.</li> <li>3. Poner los fuelleros que estén rozando el globo.</li> <li>4. Mover las puntas según la medida del fuelle.</li> </ol>	Evita errores en las medidas de los fuelles.	
<b>Paso # 8</b>			
Ajustar el cautin y portapinzas.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisar la cantidad de pistas indicadas en la orden de trabajo.</li> <li>2. Colocar los cautines sobre el portapinzas según la cantidad de pistas.</li> </ol>	Permite que las fundas salgan en bloque.	
<b>Paso # 9</b>			
Cambiar los troqueles.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desajustar las bases del troquel.</li> <li>2. Sacar el troquel de la orden anterior.</li> <li>3. Revisar el troquel a ser usado en la orden de producción.</li> <li>4. Comprobar que el ancho del troquel es igual al ancho de la funda - fuelle1 - fuelle2 + 1</li> <li>5. Ajustar la medida de las bases con el perno centrado en la prensa.</li> <li>6. Ingresar el troquel a usar en la producción.</li> <li>7. Ajustar los pernos de las bases</li> </ol>	Permite que la producción salga con el modelo y la medida del troquel.	
<b>Paso # 10</b>			
Colocar los discos.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar los discos según la cantidad de pistas.</li> <li>2. Mover las bases y centrar los discos en la prensa.</li> </ol>	Permite que el disco y el troquel se encuentren alineados.	
<b>Paso # 11</b>			
Calibrar los cangrejos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aflojar los cangrejos.</li> <li>2. Colocar los cangrejos en medio de la funda y ajustarlos.</li> </ol>	Permite que recojan las fundas.	

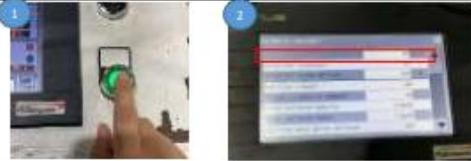
Paso # 12			
Encender la máquina.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aplastar el botón verde de encendido ubicado en el tablero de la máquina.</li> <li>2. Ajustar la máquina a una velocidad moderada (80-100 gpm) desde el tablero.</li> </ol>	<p>Permite poner en marcha la máquina selladora.</p> <p>Permite que el operador termine la calibración de la máquina.</p>	
Paso # 13			
Alinear la película con el caudín, cangrejo y troquel	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aflojar los guidores de los rodillos locos.</li> <li>2. Mover la película hasta que se encuentre centrada con el caudín.</li> </ol>	Lograr que la funda salga centrada con el caudín, cangrejos y troquel.	
Paso # 14			
Realizar ajustes finos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aplastar el botón rojo de apagado ubicado en el tablero de la máquina.</li> <li>2. Verificar cada uno de los puntos de calibración: Cangrejos, fuelles, troquel y cuchillas slitter.</li> </ol>	<p>Evita lesiones del operario al cambiar o cuadrar piezas de la máquina.</p> <p>Comprobar que las fundas estén saliendo con las especificaciones técnicas definidas</p>	
Paso # 15			
Cuadrar la fotocélula	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Coger la marca (pastilla) de la funda.</li> <li>2. Ir a la ventana de programación de la fotocélula</li> <li>3. Ps1: Colocar la fotocélula en la marca.</li> <li>4. Ps2: Colocar la película donde va el corte.</li> <li>5. Ps3: Jalar la funda hasta llegar a la siguiente marca.</li> <li>6. Ps4: La máquina automáticamente jala hasta el corte.</li> </ol>	Permite cortar la película según el largo de la funda	
Paso # 16			
Encender la máquina.	1. Aplastar el botón verde de encender ubicado en el tablero de la máquina.	Permite iniciar la producción.	

Figura 3.1 Hoja de desglose para calibración de máquina

A partir de la figura 3.1, se muestra la hoja de desglose del proceso de calibración estandarizado según sus pasos importantes que responden sobre qué van a realizar los operarios, luego se visualizan los puntos claves que indican el cómo lo van a realizar y finalmente las razones para los puntos claves que demuestran para qué sirve cada paso en el proceso. Sin dejar a un lado, el control visual que permite identificar cada punto clave con su imagen correspondiente, esto se inserta como guía para el operador.

El proceso de calibración comienza desde la parte trasera de la máquina hasta llegar a la parte frontal de ella, se calibra cada parte según la orden de producción asignada, pues esto permite obtener el producto final deseado. Es importante recalcar que los pasos deben seguirse según el orden de la estandarización, el operario no debe saltarse ningún paso al momento de calibrar la máquina para lograr el objetivo de reducir desperdicios provocados por la falta de experiencia en calibración.

A continuación, se muestra en la figura 3.2, la hoja de desglose de un proceso que va de la mano con la calibración de la máquina, pero es enfocado en el tablero de la máquina selladora.

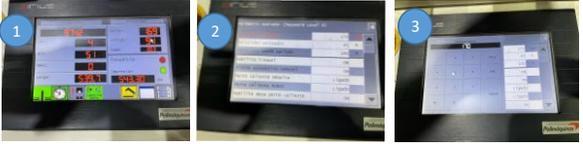
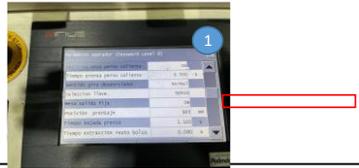
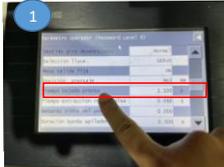
HOJA DE DESGLOSE		MÁQUINA:	Selladora 17	
FECHA:	20/12/2022	ELABORADO POR:	Adriana Smith Madeleine Gaibor	
ÁREA:	Sellado	TRABAJO:	Calibrar el tablero de la máquina	
PASOS IMPORTANTES	PUNTOS CLAVE		RAZONES PARA LOS PUNTOS CLAVE	CONTROL VISUAL
	SEGURIDAD:	Evitar lesiones, ergonomía		
	CALIDAD:	Evitar defectos, revisar fallas y estándares.		
	TÉCNICA:	Movimiento eficiente		
COSTO:	Uso apropiado de materiales			
<b>Paso # 1</b>				
Ajustar la velocidad	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ubicarse en la pantalla del tablero de la máquina.</li> <li>2. Ingresar a los ajustes de velocidad en la pantalla.</li> <li>3. Ajustar la velocidad del cabezal según el espesor y la medida de la funda. ( mínimo 50 máximo 250 gpm).</li> </ol>	Permite que la máquina trabaje a la velocidad requerida sin exceder sus límites		
<b>Paso # 2</b>				
Regular la temperatura	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Configurar el cabezal superior hasta 17.5 Ah girando la perilla teniendo en cuenta la velocidad y espesor de la funda.</li> <li>2. Configurar el cabezal inferior hasta 20 Ah girando la perilla teniendo en cuenta la velocidad y espesor de la funda.</li> <li>3. Configurar las cuchillas slitter hasta 300 Ah girando la perilla teniendo en cuenta la velocidad y espesor de la funda.</li> <li>4. Configurar la cuchilla de corte entre 150 y 200 Ah.</li> <li>5. Girar la perilla de temperatura de la cuchilla de corte.</li> </ol>	Evita errores en la máquina de sellado.		
<b>Paso #3</b>				
Configurar la posición de prensaje	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cuadrar la posición del troquel desde 825 mm según el tamaño de la funda.</li> </ol>	Permite que la funda salga cuadrada con el troquel.		
<b>Paso #4</b>				
Configurar el tiempo de bajada de prensa	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Configurar el tiempo de bajada de prensa desde 0.6 s hasta 1.5 s según el troquel, el disco y el espesor de la funda.</li> </ol>	Permite que el paquete de fundas salga troquelado correctamente.		

Figura 3.2 Hoja de desglose para calibración del tablero de máquina

Una vez levantado y validado el proceso por completo, se llevó a cabo la fase piloto en el mes de diciembre, en la que se entrenó en máquina a un operario nuevo con el proceso estandarizado y se lograron resultados positivos. Esto se vio reflejado en el scrap de todo el día de producción, donde no hubo desperdicio por calibración.



**Figura 3.3 Operador en entrenamiento**

Así mismo, es importante destacar que para conseguir que las hojas de desglose se muestren en la máquina permanentemente, se procedió a pegarlas en tres partes. Se comenzó por la hoja de desglose con los primeros pasos de la parte trasera de la máquina, la cual fue ubicada a la altura de los ojos del operador para su fácil alcance durante la operación. Luego, se pegó la hoja de desglose en el tablero de máquina que se encuentra en la mitad de esta, justamente a la altura de los brazos para la fácil manipulación del tablero. Finalmente, la hoja de desglose con los últimos pasos de calibración fue insertada en la parte casi frontal de la máquina para que el operario evite moverse tanto para alcanzarla como se puede ver en la figura 3.4.



**Figura 3.4 Evidencia de la implementación**

### **3.2 Seguimiento y control**

En la última fase de control, se procedió a implementar una hoja tipo checklist para calibración previo al arranque de producción en la máquina selladora 17. Una vez finalizado el proceso de calibración de máquina y del tablero de máquina realizado por el operador de sellado, el inspector o supervisor serán los encargados de revisar junto a la hoja de control el trabajo realizado por el operador, con el fin de asegurarse que los pasos del proceso estandarizado se estén siguiendo en orden.

A continuación, se puede observar en la figura 3.5, la hoja de control que contiene preguntas claves que se deben realizar hacia el operador de sellado e identificar alguna observación si fuera el caso.

CHECK LIST DE CALIBRACIÓN PREVIO AL ARRANQUE DE PRODUCCIÓN EN MÁQUINA CAMISETERA			
PRODUCTO:		MÁQUINA:	SELL17
ORDEN:		OPERADOR:	
FECHA:		REVISADO POR:	
Calibración de máquina selladora			
N°	SEGUIMIENTO DE PASOS IMPORTANTES	Si	No
1	Se encuentra el rollo ubicado en el centro del eje de la máquina?		
2	Se ha pasado la película por los rodillos locos de forma correcta?		
3	Coincide la medida de la separación de las pistas con la medida de las fundas que se encuentra en la orden de producción?		
4	Se han intercalado las pistas de forma correcta según el número de estas?		
5	Se han pasado las películas hasta el rodillo de arrastre?		
6	Se ingresó aire en las películas?		
7	Se han calibrado los fuelles con la medida correcta en ambos lados?		
8	Se ajustaron los cautines y portapinzas en el centro de las películas?		
9	Se escogieron los troqueles adecuados para la orden de producción?		
10	Se colocaron los discos para el troquelado?		
11	Se encuentra alineada y calibrada la película con el cautín, cangrejos, troquel y discos?		
12	Se cumplió con los ajustes finos?		
13	En caso que la película tenga impresión, se cuadró la fotocélula?		
14	Se puede proceder a dar arranque de la producción?		
Calibración del tablero de la máquina			
N°	SEGUIMIENTO DE PASOS IMPORTANTES	Si	No
1	Se ajustó la velocidad entre 50 y 250 golpes por minuto?		
2	Se reguló la temperatura de los cabezales, cuchillas slitter y de corte?		
3	Se configuró la posición de prensaje desde 825 mm?		
4	Se configuró el tiempo de bajada de prensa y tiempo de extracción de bolsa?		
OBSERVACIONES			

Figura 3.5 Hoja de control para calibración

La hoja de control en la figura 3.5, fue revisada y aprobada por el equipo de calidad de la planta. Para finalizar el proceso de implementación y control, hemos realizado una capacitación general para todos los operarios de sellado. En esta capacitación, se explicó detalladamente el proceso estandarizado de calibración que se espera que la empresa a futuro replique el proceso en las demás máquinas y también se mostró las preguntas que serán evaluadas en la hoja de control previo al inicio de la producción.



**Figura 3.6 Evidencia de la capacitación**

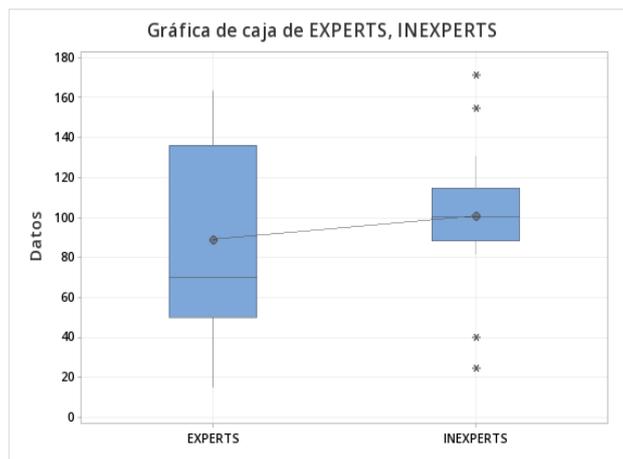
A partir de la figura 3.6, se puede observar que la capacitación fue realizada con éxito al término de la jornada laboral, por lo que el proyecto de implementación de mejora y control ha sido culminado correctamente. Para demostrar los resultados obtenidos, se procedió a analizar estadísticamente y con la prueba de hipótesis los valores de scrap antes de la implementación y después de la implementación, esperando que con el pasar de los días siga manteniéndose los resultados positivos del proceso.

Luego de la etapa de implementación llevada a cabo del 5 al 21 de enero del 2023, se recolectaron nuevos datos de expertos e inexpertos en la máquina selladora 17, los cuales se detallan a continuación en la tabla 3.1:

**Tabla 3.1 Datos de desperdicios en la selladora 17**

EXPERTOS (KG)	INEXPERTOS (KG)
67,0	99,3
145,0	90,1
15,0	154,9
130,7	100,2
115,0	100,8
60,1	130,8
136,0	110,0
50,0	88,3
163,6	114,3
28,4	40,5
70,3	171,6
86,8	91,2
46,7	81,7
163,6	114,8
60,0	25,0

Por medio del análisis de los nuevos datos recopilados luego de la implementación y capacitación al personal que opera en la selladora 17, se muestra el diagrama de cajas a continuación, con el fin de realizar una prueba t de 2 muestras.



**Figura 3.7 Diagrama de cajas de expertos e inexpertos**

Se realizó mediante Minitab la prueba t de 2 muestras con los siguientes datos de estadística descriptiva y se estableció el valor de p con su respectivo análisis.

### Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
EXPERTS	15	89.2	49.2	13
INEXPERTS	15	100.9	37.2	9.6

**Figura 3.8 Estadística descriptiva**

### Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$   
Hipótesis alterna  $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
-0.73	26	0.470

**Figura 3.9 Prueba t de 2 muestras**

A partir de la figura 3.9, se puede demostrar que el valor de p es mayor que 0,05. Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula y la diferencia de medias no es significativa.

Este resultado es positivo, ya que se pretende reducir los desperdicios producidos por el personal inexperto por medio de la estandarización del proceso de calibración de la máquina selladora 17. De esta manera, se muestra que no existe una brecha de diferencia entre los desperdicios producidos por el personal experto y el inexperto, logrando así una reducción del porcentaje mensual de scrap en el área de sellado, como se muestra en la tabla 3.2:

**Tabla 3.2 Scrap en el área de sellado después de la implementación**

Área de sellado		
Mes	Kg scrap	Porcentaje
Enero	13175	4%
Febrero	37426	11%
Marzo	42884	13%
Abril	41700	12%
Mayo	37960	11%
Junio	44661	13%
Julio	44375	13%
Agosto	38711	11%
Septiembre	37806	11%
Octubre	39167	12%
Noviembre	37374	11%
Diciembre	33475	10%
<b>Enero</b>	<b>28390</b>	<b>8,4%</b>

Inicialmente el porcentaje se elevó al 11% en febrero 2022, manteniéndose en un porcentaje elevado durante todo el año. Actualmente, finalizando la implementación se cumplió con el objetivo exitosamente, esperando así que los resultados favorables se mantengan a lo largo del tiempo.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

Se logró reducir del 11% de scrap mensual al 8,4% en el área de sellado, de manera que, se evidencia una reducción del 2,6% en desperdicios mediante la metodología DMAIC de mejora continua.

Se realizó la definición del problema identificando que el área de sellado genera mayor porcentaje de Scrap con un mayor índice de desperdicios en la máquina selladora 17, luego se determinó que calibración es una de las causas potenciales y se estableció que el personal inexperto en calibración genera desperdicios significativos. Se verificó la causa por medio de un análisis estadístico y se estableció la causa raíz como la falta de estandarización del proceso.

Se cumplió con la propuesta de mejora acerca de la estandarización del proceso de calibración de máquina, la cual fue implementada en una fase piloto y se obtuvieron los resultados deseados alcanzando el objetivo de reducir el porcentaje de scrap en la selladora 17.

Se implementó una hoja de control que será revisada por el inspector para que el proceso estandarizado se lleve a cabo diariamente por los operadores y fueron capacitados para seguir de forma correcta la hoja de desglose del proceso estandarizado.

## **4.2 Recomendaciones**

Capacitar a los nuevos operadores de sellado con el proceso de calibración estandarizado para obtener mejores resultados desde un inicio y evitar se produzca desperdicios por calibración.

Continuar con el proceso de estandarización en calibración para las demás máquinas de sellado.

Controlar el proceso de calibración en máquina realizado por el operador basándose en la hoja de checklist para calibración y corroborar que todos los pasos se hayan cumplido.

# BIBLIOGRAFÍA

Alcaraz, J. L., Sanchez Ramirez, C., & Gil Lopez, A. (2021). *Techniques, Tools and Methodologies applied to quality assurance in manufacturing*. Chihuahua: Springer Nature Switzerland.

De Mast, & Lokkerbol. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics*, págs. 604-614.

Pereira, Ferreira, & Lopes. (2019). iLeanDMAIC ± A methodology for implementing the lean tools. *Procedia Manufacturing*, págs. 1095-1102.