

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

Reducción del tiempo de mantenimiento correctivo en el área de sellado  
de una compañía de productos plásticos

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingenieros Industriales**

Presentado por:

Alejandro Rabby Padilla Burgos

Daniela Karolina Ullauri Toro

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

Año: 2022

## DEDICATORIA

La vida es una montaña que solo puede ser escalada con perseverancia.

Dedico el presente proyecto a Alejandro y María Lourdes, mis padres, los pilares fundamentales de mi vida pues ellos me han apoyado en cada paso dado dentro de este largo camino, sus consejos y empuje son la razón por la cual llegue lejos. A mi hermana quien ha estado presente en cada tristeza y alegría, quien ha vivido conmigo esta travesía y gracias a quien he tenido muchas alegrías. A mi abuela quien nunca dudo de mí y a mi abuelo en el cielo quien sé que estaría orgulloso de mi.

A "PEEC" incondicional grupo de amigos que han compartido sus vidas conmigo desde colegio.

Y a mí, por no rendirme y encontrar razones para seguir aquí, aunque todo parecía perdido.

*Alejandro Rabby Padilla Burgos*

## DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado hacia mis papás, hermano y tío por el amor incondicional que me han dado a lo largo de mi vida universitaria. Este logro es por y para Uds.

*Daniela Karolina Ullauri Toro*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por impulsarme a culminar esta etapa de mi vida. Agradezco a mis padres, hermana y abuelos por estar conmigo, por no dejarme caer cuando creí que ya no podía, por ser confidentes, comprensivos y por sobre todo compartir conmigo sus vidas y experiencias. Agradezco a nuestra tutora María Denise Rodríguez Zurita, PhD por su apoyo, consejos y guía en cada etapa de mi vida estudiantil. Finalmente, agradezco a todas y cada una de las personas que han sido incondicionales desde el inicio de este viaje.

*Alejandro Rabby Padilla Burgos*

# AGRADECIMIENTOS

A Dios, por nunca abandonarme en los momentos más difíciles.

A mis papás, por su inmenso amor.

A mi hermano, por siempre darme fuerzas para continuar.

A mi tío Alfonso, por ser mi padrino universitario.

A mi compañero fiel Enzo, por siempre alegrarme los días.

A mi ángel en el cielo por siempre cuidar de mí.

*Daniela Karolina Ullauri Toro*

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Alejandro Padilla Burgos y Daniela Ullauri Toro damos nuestro consentimiento para que la ESPOL 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"



Alejandro Rabby Padilla Burgos



Daniela Karolina Ullauri Toro

# EVALUADORES

**Denise Rodríguez Z., Ph.D.**

PROFESORA DE LA MATERIA

**Denise Rodríguez Z., Ph.D.**

PROFESORA TUTORA

## RESUMEN

El proyecto tiene como finalidad reducir el tiempo por mantenimiento correctivo en una compañía de productos plásticos, ubicada en Guayaquil, debido a que cuenta con un alto tiempo por mantenimientos correctivos en la máquina selladora 17 en el área de las selladoras. Por medio de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Control) se llevó a cabo el desarrollo del proyecto. En la etapa de definir, se determinó el problema y los objetivos del proyecto en base a la data histórica de la empresa en la cual la media era de 23 horas de paras por mantenimiento correctivo. Para la etapa de medir se identificaron las variables que afectan el tiempo y se realizó una recolección y confiabilidad de los datos en la cual se estratificó el problema aún más enfocando en el alto tiempo por mantenimiento correctivo por daño del rodillo sanfonador en la máquina 17 registrando un máximo de 4 horas. Seguido de la etapa de analizar, se analizaron las diferentes causas raíz a través de la herramienta 5 por qué para dar paso a la siguiente etapa de mejorar en la cual se dieron posibles soluciones al problema propuesto. En la etapa de control se comprobó la solución en la que se redujo el tiempo por mantenimiento correctivo a 1,27 horas. Adicionalmente, se implementó la estandarización del proceso de calibración y el control de herramientas y de calibración con el fin de que el problema no se repita.

**Palabras Clave:** DMAIC, mantenimiento correctivo, selladoras, productos plásticos.

## **ABSTRACT**

*The objective of the project is to reduce the corrective maintenance time in a plastic products company located in Guayaquil, because it has a high corrective maintenance time in the sealing machine seventeen in the sealing machine area. By means of the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) methodology, the project was conducted. In the define stage, the problem and the objectives of the project were determined based on the company's historical data, in which the average was 23 hours of stoppages for corrective maintenance. For the measuring stage, the variables that affect the time were identified and a data collection and reliability was conducted in which the problem was stratified even more focusing on the high time for corrective maintenance due to damage of the sanfonator roller in machine seventeen, registering a maximum of 4 hours. Following the analysis stage, the different root causes were analyzed through the 5 Why tool to give way to the next stage of improvement in which viable solutions were given to the proposed problem. In the control stage, the solution was evaluated in which the corrective maintenance time was reduced to 1.27 hours. Additionally, the standardization of the calibration process and the control of tools and calibration was implemented so that the problem would not be repeated.*

**Keywords:** *DMAIC, corrective maintenance, sealers, plastic products.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Descripción del problema .....	2
1.1.1 Variable de interés.....	3
1.1.2 Triple Bottom Line Metrics .....	5
1.1.3 Alcance del proyecto.....	5
1.1.4 Restricciones .....	6
1.2 Justificación del problema .....	7
1.3 Objetivos .....	7
1.3.1 Objetivo General.....	7
1.3.2 Objetivos Específicos.....	7
1.4 Marco teórico.....	8
1.4.1 Metodología DMAIC.....	8
1.4.2 Voz del cliente (VOC) .....	8
1.4.3 Critical to Quality tree (CTQ).....	8
1.4.4 Diagrama SIPOC .....	8
1.4.5 Técnica de análisis de problemas 4W+2H.....	9
1.4.6 Diagrama de Ishikawa .....	9
1.4.7 Herramienta 5 por qué .....	9

1.4.8	Mantenimiento Correctivo .....	9
CAPÍTULO 2.....		10
2.	Metodología.....	10
2.1	Medición .....	10
2.1.1	Plan de recolección de datos.....	10
2.1.2	Verificación de datos.....	11
2.1.3	Estratificación del problema.....	16
2.2	Análisis .....	18
2.2.1	Lluvia de ideas .....	18
2.2.2	Matriz Causa – Efecto.....	19
2.2.3	AMEF .....	21
2.2.4	Matriz de Impacto – Esfuerzo .....	23
2.2.5	Plan de verificación de causas potenciales .....	24
2.2.6	Verificación de causas .....	25
2.2.7	Determinación de causas raíz.....	30
2.3	Generación de soluciones .....	32
2.3.1	Evaluación de posibles soluciones .....	33
2.3.2	Diagrama de impacto – esfuerzo .....	34
2.3.3	Plan de implementación de soluciones.....	35
2.4	Implementación de soluciones .....	35
2.4.1	Formación al operador en el uso de herramientas de calibración (Vernier y Cinta Pi Tape) .....	36
2.4.2	Implementación 5s (Clasificar y Ordenar) en el área de mantenimiento y de las selladoras .....	36
2.4.3	Implementación de control en herramientas y repuestos.....	39
CAPÍTULO 3.....		41
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	41

3.1	Formación al operador en el uso de herramientas de calibración (Vernier y Cinta Pi Tape) .....	41
3.2	Implementación 5s (Clasificar y Ordenar) en el área de mantenimiento y de las selladoras.....	42
3.3	Implementación de control en herramientas y repuestos .....	43
3.4	Verificación de mejoras luego de la implementación.....	44
3.5	Beneficios económicos.....	44
3.6	Beneficios sociales.....	45
3.7	Beneficios ambientales.....	45
3.8	Plan de control .....	45
CAPÍTULO 4.....		46
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	46
4.1	Conclusiones.....	46
4.2	Recomendaciones.....	46
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMAIC	Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar
AMEF	Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF)
SIPOC	Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customers
CTQ	Critical To Quality
VOC	Voz del cliente

## SIMBOLOGÍA

H	Horas
Kg	Kilogramo
L	Litro

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Cadena de Suministro .....	1
Figura 1.3 Herramienta 4W+2H.....	3
Figura 1.4 VOC con los involucrados .....	4
Figura 1.5 CTQ.....	4
Figura 1.6 Triple Bottom Line .....	5
Figura 1.7 SIPOC .....	6
Figura 2.1 Prueba de normalidad de datos de tiempo de mantenimiento correctivo .....	12
Figura 2.2 Número recomendado de ciclos de observación.....	14
Figura 2.3 Análisis estadístico entre los tiempos de mantenimiento correctivo .....	15
Figura 2.4 Tipos de mantenimiento vs Frecuencia de mantenimiento.....	16
Figura 2.5 Pareto de los tipos de falla vs tiempo de mantenimiento.....	18
Figura 2.6 Lluvia de ideas.....	19
Figura 2.7 Diagrama de Ishikawa .....	19
Figura 2.8 Matriz de Impacto - Esfuerzo.....	23
Figura 2.9 Layout de la empresa (Facilitado por la empresa).....	25
Figura 2.10 Área de almacenamiento de rodillos .....	26
Figura 2.11 Correcta Calibración.....	27
Figura 2.12 Incorrecta Calibración.....	27
Figura 2.13 Accionamiento de los rodillos .....	28
Figura 2.14 Análisis de desgaste de caucho de rodillo sanfonador .....	28
Figura 2.15 Peor escenario para el desgaste de caucho del rodillo sanfonador .....	29
Figura 2.16 Espacio de trabajo del área de mantenimiento .....	30
Figura 2.17 Posibles soluciones .....	32
Figura 2.18. Diagrama impacto – esfuerzo.....	34
Figura 2.19. Área de mantenimiento (Antes) .....	37
Figura 2.20. Área de selladoras (Antes) .....	38
Figura 2.21. Área de mantenimiento (Después) .....	38
Figura 2.22 Área de selladoras (Después) .....	39
Figura 2.23. Soporte y gabinete .....	40
Figura 3.1 Evaluación de conocimientos antes y después .....	42
Figura 3.2 Actividades que no agregan valor (Antes y Después) en el cambio del rodillo sanfonador.....	43

Figura 3.3 Serie de tiempo Selladora #17 antes y después de la implementación.....44

Figura 3.4 Plan de control de las soluciones .....45

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos.....	11
Tabla 2.2 Frecuencia de eventos - Mantenimientos correctivos.....	13
Tabla 2.3 Muestra de tiempos de mantenimientos correctivos.....	14
Tabla 2.4 Tabla de ponderaciones para Matriz Causa – Efecto .....	20
Tabla 2.5 Matriz Causa – Efecto .....	20
Tabla 2.6 AMEF área de las selladoras.....	22
Tabla 2.7 Plan de Verificación de Causas.....	24
Tabla 2.8 Herramienta 5 Por qué .....	31
Tabla 2.9 Causas raíz .....	32
Tabla 2.10 Costo estimado a las posibles soluciones .....	33
Tabla 2.11 Evaluación de las posibles soluciones.....	34
Tabla 2.12 Plan de implementación de soluciones.....	35
Tabla 2.13 Plan de capacitación.....	36
Tabla 2.14 Cronograma de implementación de 5s .....	37
Tabla 2.15 Herramientas requeridas para el cambio del rodillo sanfonador.....	40
Tabla 3.1 Cuestionario de conocimientos.....	41

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en los hogares de los ecuatorianos el 78,40% utilizan bolsas plásticas desechables para realizar las compras, según lo registrado en el año 2018 por el INEC “Instituto Nacional de Estadísticas y Censos” (Alarcón, 2020). La ley orgánica para la racionalización, reutilización y reducción de plásticos de un solo uso exige un mínimo del 60% de materia prima reciclada para la elaboración de las bolsas plásticas esto con la finalidad de reducir el excesivo consumo de plásticos en el país (Oficial, 2021).

En la ciudad de Guayaquil se encuentra la compañía productora de soluciones de empaques plásticos con más de 30 años en el mercado, dedicada principalmente a la fabricación, distribución y comercialización de fundas y láminas plásticas a nivel nacional e internacional. Su proceso de manufactura comienza en el área de peletizado en el cual se involucra la merma de plásticos, luego continua al área de extrusión la cual se lleva a cabo con los pellets reciclados y pellets importados con la finalidad de obtener rollos de material plástico, posteriormente pasa al área de impresión en la cual se imprime el diseño que el cliente solicite sobre los rollos y finalmente pasan al área de sellado en la cual el rollo impreso pasa por un proceso de conversión hasta ser convertido en fundas plásticas como producto final.

Al ser una compañía dedicada a la comercialización de empaques, cuenta con certificaciones internacionales de manejo de materia prima y desechos plásticos biodegradables al medio ambiente.

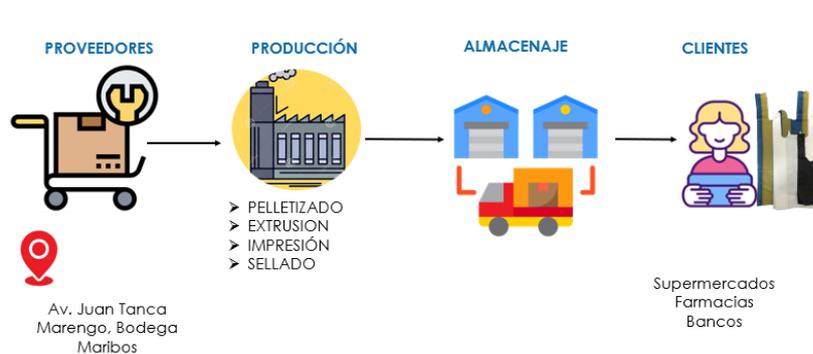


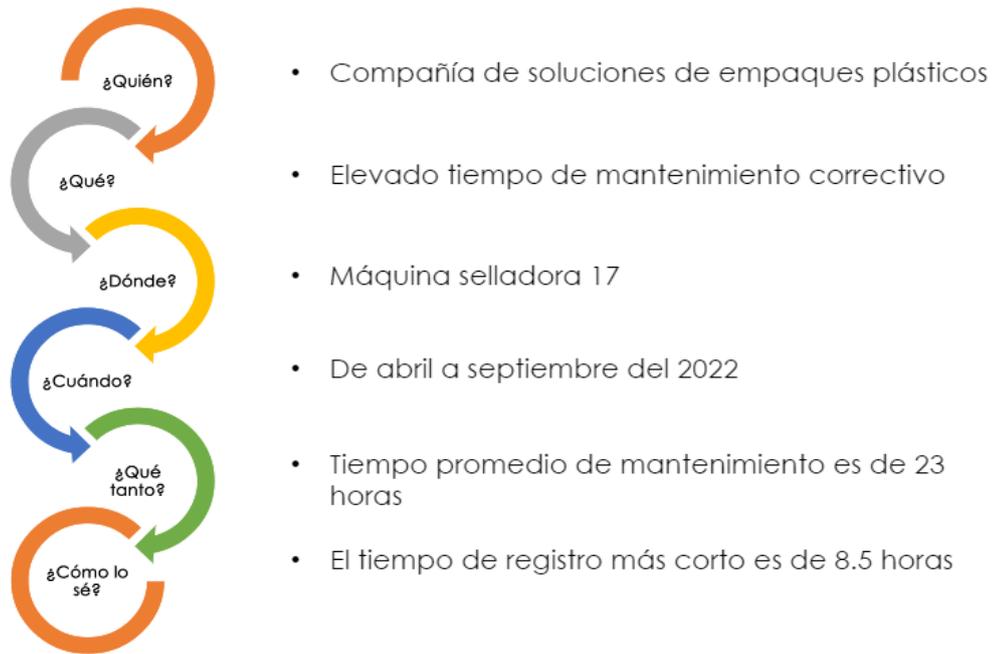
Figura 1.1 Cadena de Suministro

## 1.1 Descripción del problema

Dentro de la compañía de estudio, en el último semestre del presente año 2022 se han registrado altos tiempos de paras no programadas dentro del área de sellado, específicamente en la línea 17.

En las paras no programadas se encuentran las paras por mantenimiento correctivo que ocurre una vez que la máquina ha sido averiada, por lo que, el presente proyecto surge de la necesidad de reducir los elevados tiempos de para por mantenimiento correctivo en la selladora 17 la cual presenta en promedio 23 horas de paras, cuando el mínimo registrado es de 8.5 horas, como se evidencia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Con el soporte de la herramienta 4W+2H se logró comprender mejor el problema, tal como se detalla en la figura a continuación:



**Figura 1.2 Herramienta 4W+2H**

Con lo expuesto anteriormente planteamos el problema: “Alto tiempo de mantenimiento correctivo en una empresa de plásticos en la máquina convertidora 17, la media de abril a septiembre de 2022 es de 23 horas de mantenimiento correctivo, cuando la empresa tiene registrado un tiempo mínimo de 8,5 horas”

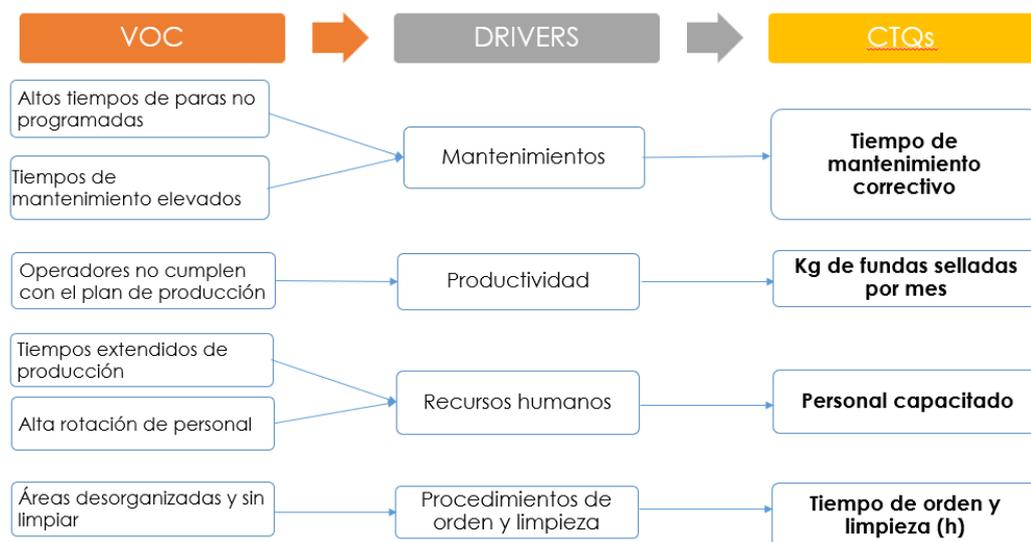
### **1.1.1 Variable de interés**

Para escuchar y comprender las ideas del cliente, se utiliza la herramienta VOC o Voice of Customer, como se muestra en la Figura 1.3



**Figura 1.3 VOC con los involucrados**

Aplicando las técnicas de observación y lluvia de ideas se procedió a utilizar el árbol de variables críticas para la calidad o CTQ por sus siglas en inglés, dichas ideas se transformaron y plasmaron como necesidades, como se evidencia en la figura a continuación:



**Figura 1.4 CTQ**

Utilizando estas estrategias y herramientas se definió como variable de interés el tiempo de mantenimiento correctivo, el cual se calcula:

$$Y = \text{Tiempo de mantenimiento correctivo [horas]} \quad (1.1)$$

### 1.1.2 Triple Bottom Line Metrics

Se identificaron métricas de sostenibilidad para el proyecto: el porcentaje de producción completado por turno, como la parte económica; el porcentaje de operadores capacitados en el área de sellado, como parte social; y el porcentaje de limpieza de área por turno, como parte ambiental. Las mismas podrán ser apreciadas en la Figura 1.5

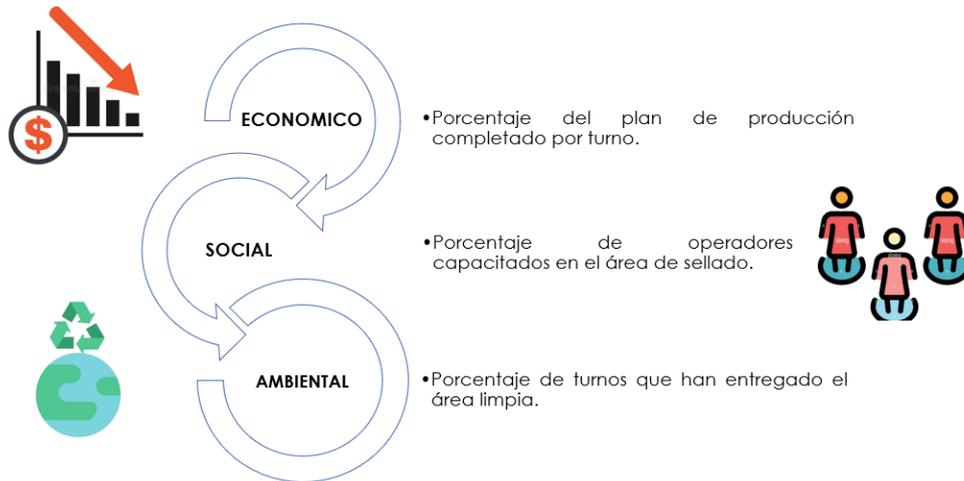


Figura 1.5 Triple Bottom Line

### 1.1.3 Alcance del proyecto

En esta sección se utiliza la herramienta SIPOC con la finalidad de tener la capacidad de observar el macro del proceso e identificar cual es el área o proceso en el cual se va a enfocar el proyecto, esto se debe principalmente al beneficio que otorga esta herramienta pues permite conocer a los proveedores, las entradas de material, el proceso involucrado, las salidas y el cliente (ya sea este interno o externo).

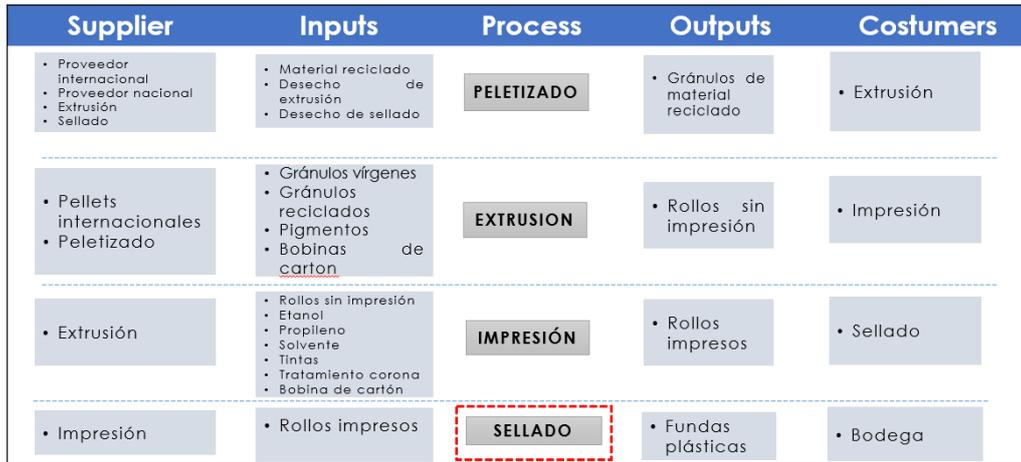


Figura 1.6 SIPOC

Como se observa en la Figura 1.6, el problema planteado en el proyecto se localiza en el área de sellado, siendo que su proveedor es el área de impresión e ingresan rollos impresos como materia prima, para finalmente ser procesados y salir como fundas que luego son almacenadas en bodega para su posterior despacho a los clientes finales.

#### 1.1.4 Restricciones

Las restricciones que han sido identificadas para la ejecución de este proyecto son las siguientes:

- **Inversión:** No se cuenta con un presupuesto para implementación de mejoras, ni para contratar más personal.
- **Personal:** Los operadores salen de la empresa de manera constante, operadores contratados por la empresa no cuentan con preparación técnica para realizar sus funciones, el número de personal de mantenimiento es limitado.
- **Tiempo de implementación:** Los mantenimientos correctivos tienen duraciones elevadas, pero ocurren de manera esporádica, por lo que el tiempo de elaboración de este proyecto se convirtió en una restricción.
- **Fiabilidad de los datos:** Al encontrarse migrando a una nueva aplicación para la recolección más exacta de los datos existe la posibilidad de que los datos no estén siendo registrados correctamente.

## **1.2 Justificación del problema**

Las empresas crecen y evolucionan por lo tanto buscan herramientas y estrategias para mantenerse competitivos en el mercado, el alto tiempo por mantenimiento correctivo dentro de la compañía ha generado insatisfacción y molestias en los operadores y personal de mantenimiento por el excesivo número de paras no programadas registradas lo que es probable que se refleje en el bajo rendimiento de producción programada dentro del área de las selladoras.

El presente proyecto tiene como finalidad reducir el tiempo de mantenimiento correctivo para a su vez cumplir a tiempo la producción planificada y así llegar a la meta diaria de producción, para lo cual serán de gran ayuda los operadores y personal de mantenimiento pues se busca integrar a estos colaboradores para que estén capacitados y en constante comunicación.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Reducir el tiempo de mantenimiento correctivo en la máquina selladora 17 que tiene una duración de 23 horas a 18,65 horas desde enero de 2023.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un diagnóstico del problema de la compañía para identificar las necesidades del cliente.
- Realizar un análisis ABC para identificar las causas del alto tiempo de mantenimiento correctivo.
- Reducir tiempos de búsqueda y espera para mejorar los procesos de cambio de rodillo sanfonador.
- Evaluar los conocimientos del personal de máquina en el uso de herramientas de calibración para cuantificar sus capacidades.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Metodología DMAIC**

La metodología DMAIC consta de cinco etapas: Definición, Medición, Análisis, Implementación y Control.

Para la etapa de definición, se define el problema a solucionar, en la siguiente etapa de medición, se le da una variable al problema previamente identificado y se mide la capacidad del proceso, siguiendo con la etapa de análisis, se analizan los datos mediante el uso de herramientas estadísticas, en la cuarta etapa de implementación o también llamada mejora se busca encontrar soluciones a la problemática establecida y en la última etapa de control se evidencia que las soluciones ejecutadas sigan un plan de control (Pérez & García, 2014).

### **1.4.2 Voz del cliente (VOC)**

También llamada voz del cliente en español es una herramienta en la cual se da a conocer las necesidades y expectativas del cliente que se encuentran involucrados dentro del proyecto. Mediante esta herramienta se convierten dichas necesidades en parámetros medibles (Cruz, Mar Orozco, Pérez, Ortiz, & Lince, 2014).

### **1.4.3 Critical to Quality tree (CTQ)**

Es una herramienta que ayuda a traducir las necesidades que son obtenidas a través del VOC, ya que estas son importantes para el cliente (Breyfogle, 2003).

### **1.4.4 Diagrama SIPOC**

Por sus siglas en inglés Supplier – Inputs – Process – Outputs – Customer es una herramienta de mejora en el cual se da conocer el proceso de gestión dentro de una compañía. El diagrama SIPOC incluye desde los proveedores, las entradas y salidas del proceso y el nexo que tienen los clientes en cada paso del proceso (González & Escobar, 2021).

#### **1.4.5 Técnica de análisis de problemas 4W+2H**

Es una herramienta que se utiliza para poder definir el problema, en el cual se deben de responder las preguntas que en inglés las 4W son: “quién”, “qué”, “donde” y “cuando” y para las preguntas de 2H son: “que tanto”, “como lo sé” (Montgomery, 2009).

#### **1.4.6 Diagrama de Ishikawa**

También llamado diagrama de causa – efecto esta herramienta permite relacionar los efectos con las causas que las producen. Dentro de este análisis existen causas relacionadas con las máquinas, materia prima, método de trabajo, operador y causas relacionadas con el medio ambiente (Falcó Rojas, 2009).

#### **1.4.7 Herramienta 5 por qué**

Herramienta en la cual se puede encontrar la causa raíz de las diferentes causas potenciales previamente establecidas. La técnica consiste en preguntarse por al menos 5 veces “por qué” eso con la finalidad de confirmar si la causa raíz influye directamente con la causa potencial (Falcó Rojas, 2009).

#### **1.4.8 Mantenimiento Correctivo**

El mantenimiento correctivo es la reparación que ocurre cuando la máquina ha dejado de funcionar, debido a que este mantenimiento no es programado tiende a incurrir en un elevado costo de mano de obra y materiales utilizados durante el tiempo que transcurre la reparación.

Dentro de este tipo de mantenimiento es importante el concepto de mejora, lo que significa, analizar las causas por las cuales la máquina ha sufrido una avería esto con la finalidad de tomar acciones posteriores evitando que nuevamente ocurra (Gento & Redondo, 2005).

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Para la resolución del problema planteado en el capítulo anterior se utilizó la metodología DMAIC que consta de cinco etapas: definición, medición, análisis, implementación y control, las cuales se definen en el punto 1.4.1

Una vez identificada la situación actual del problema que presenta la empresa y proponer objetivos, se realiza un análisis de focalización del problema; se propone elaborar un plan de recolección de datos, análisis y verificación de causas, controles para posteriormente implementar un plan capacitación para los operadores para la resolución del problema del proyecto.

### 2.1 Medición

En la etapa de medición se identificó si los datos registrados serán de utilidad para el desarrollo del proyecto, se propone un plan de recolección de datos para establecer la realidad del problema y proponer enfoques más específicos en relación con el proyecto.

#### 2.1.1 Plan de recolección de datos

Luego de establecer la variable a analizar, se elaboró un plan de recolección de datos con la finalidad de recolectar información que permita cumplir con los objetivos propuestos.

**Tabla 2.1 Plan de recolección de datos**

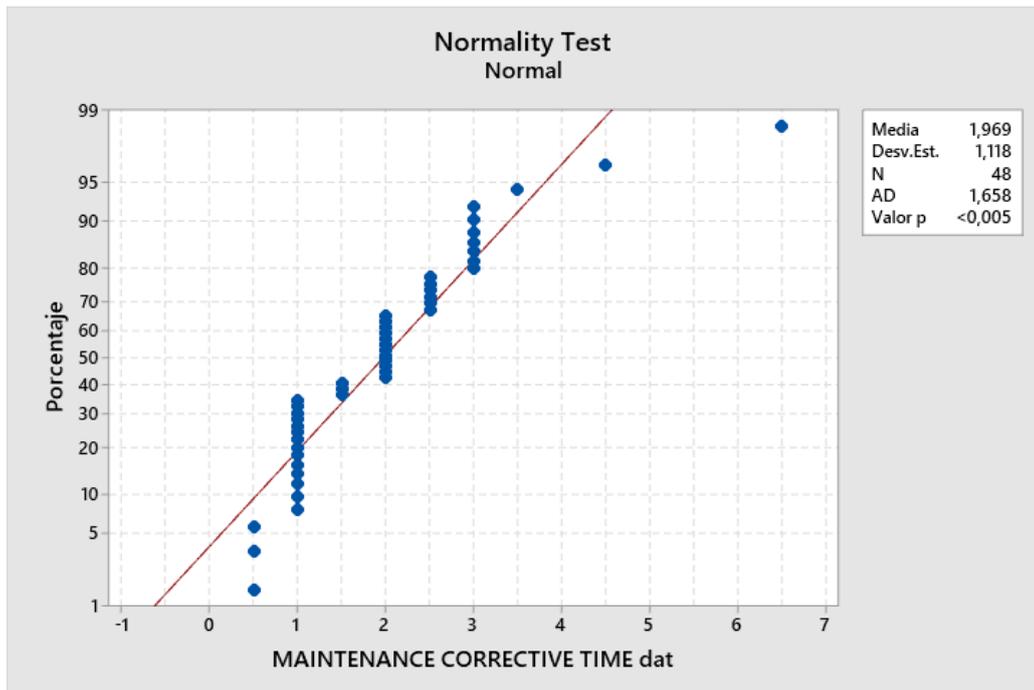
¿QUÉ?		¿DÓNDE?	¿CUÁNDO?	¿CÓMO?	¿POR QUÉ?	¿QUIÉN?	
DATOS	UNIDAD DE MEDIDA	TIPO DE DATO	¿DÓNDE SERÁ RECOLECTADO?	¿CUÁNDO SERÁ RECOLECTADO?	¿MÉTODO DE RECOLECCIÓN?	¿POR QUÉ RECOLECTARLO?	PERSONA A CARGO
Tiempo de reparación	Horas	Continuo - Cuantitativo	Selladora 17	Solicitar registros de mantenimiento	En la etapa de medición. Los últimos 6 meses de datos (abril – octubre) 2022	Está relacionado con: *Tipos y tiempos de mantenimiento correctivo *Tiempo de falla	Jefe de mantenimiento/ líderes de proyecto (Alejandro Padilla/ Daniela Ullauri)

### 2.1.2 Verificación de datos

Se solicitó al jefe de mantenimiento registros de mantenimiento correctivo, con el propósito de verificar si es posible utilizar la información proporcionada por la empresa para evaluar el problema.

#### 2.1.2.1 Prueba de normalidad de datos

Una vez focalizados los datos de estudio se procedió a evaluar la normalidad de los datos de tiempo de mantenimiento correctivo, esta prueba es absolutamente necesaria ya que si se encuentra que los datos no son normales se deberán proponer mejores controles para el registro de datos.



**Figura 2.1 Prueba de normalidad de datos de tiempo de mantenimiento correctivo**

La prueba fue realizada con un nivel de confianza del 95% con el propósito de validar si se efectúa una de las hipótesis descritas a continuación:

- $H_0$ = Los datos siguen una distribución normal
- $H_1 = \neg H_0$

Como se observa en la Figura 2.1, el valor p de la muestra analizada es menor a 0.05, debido a esta razón se puede concluir lo siguiente: no existe suficiente evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ), en otras palabras, quiere decir que los datos no provienen de una distribución normal.

### **2.1.2.2 Recolección de datos**

Identificado los datos proporcionados que indican que no siguen una distribución normal, se procede a realizar visitas aleatorias a la planta (Gemba) con el fin de apreciar la mayor cantidad de mantenimientos.

Para encontrar la muestra significativa que permita realizar el análisis más acertado de la situación, se utilizaron datos aleatorios de los mantenimientos correctivos registrados en los últimos seis meses de trabajo, datos que fueron utilizados con la ecuación:

$$n = \frac{S * t_{\frac{\alpha}{2}; n-1}}{K * \bar{x}} \quad (2.1)$$

Obteniendo el resultado siguiente:

N= 27.7 datos, o lo mismo que decir 28 datos de muestra; si bien es cierto se han obtenido un valor significativo de muestras, es necesario evaluar si esos datos pueden ser recolectados, puesto que la realidad de la planta no permite la observación de esa cantidad de muestras durante el tiempo de estudio, esto se debe a la frecuencia con la cual se presentan los mantenimientos correctivos, como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 2.2 Frecuencia de eventos - Mantenimientos correctivos**

Meses	Cantidad de mantenimientos correctivos
Abril	4
Mayo	6
Junio	12
Julio	12
Agosto	8
Septiembre	6
Octubre	6
<b>Mantenimientos correctivos en total</b>	<b>54</b>
<b>Promedio de eventos de mantenimientos correctivos</b>	<b>8</b>

En la Tabla 2.2 se observa que en promedio se podrían contemplar al menos ocho mantenimientos correctivos, por la información expuesta resultó problemático para el desarrollo del proyecto observar las 28 muestras.

Para el análisis del proyecto se consideró el tiempo que toma al personal de mantenimiento realizar los mantenimientos correctivos, se tomó una muestra de los datos para el registro del tiempo.

**Tabla 2.3 Muestra de tiempos de mantenimientos correctivos**

Tiempo de Mantenimiento Correctivo (horas)
4,5
1
1,5
1
1
2
1

Con la restricción emitida por la realidad de la empresa, se procedió a buscar otro método de recolección de datos, y asumiendo que los nuevos datos sigan una distribución normal se llegó a la conclusión que utilizar la tabla de General Electric; de acuerdo con el libro Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo se menciona que “determinar la cantidad de ciclos que se van estudiar para llegar a un estándar equitativo es un asunto que ha causado una discusión considerable entre los analistas de tiempos” (Nieble & Freivlads, 2009); por lo cual elaboraron la tabla que sirvió de guía aproximada para identificar el número de ciclos o eventos que deben ser observados.

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

**Figura 2.2 Número recomendado de ciclos de observación.**  
(Nieble & Freivlads, 2009)

Al observar la Figura 2.2 esta indica que para eventos que tengan una duración de 40 minutos o más es recomendable tomar al menos tres muestras, y de acuerdo con la

Tabla 2.3, los mantenimientos correctivos son en su mayoría eventos que tienen una duración de 60 minutos o más, por lo que se concluyó que tomar al menos tres muestras como evidencia de los tiempos de mantenimientos correctivos.

### 2.1.2.3 Confiabilidad de los datos

Para la verificación de los datos recolectados por la empresa son confiables y estableciendo que los datos proporcionados no son normales se utilizó el software Minitab y el análisis de Mann-Whitney de dos muestras para comparar los datos.

#### Método

$\eta_1$ : mediana de Datos proporcionados de MC

$\eta_2$ : mediana de Recolección de datos de MC

Diferencia:  $\eta_1 - \eta_2$

#### Estadísticas descriptivas

	Muestra	N	Mediana
Datos proporcionados de MC	54		2,0
Recolección de datos de MC	3		2,4

#### Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
-0,380000	(-1,4; 0,65)	95,27%

#### Prueba

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

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

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	1545,00	0,464
Ajustado para empates	1545,00	0,456

**Figura 2.3 Análisis estadístico entre los tiempos de mantenimiento correctivo**

Dicha prueba se realizó con una confianza del 95.12% para evaluar las siguientes hipótesis:

- $H_0$ = Las medianas de las muestras son iguales
- $H_1$ =  $\neq H_0$

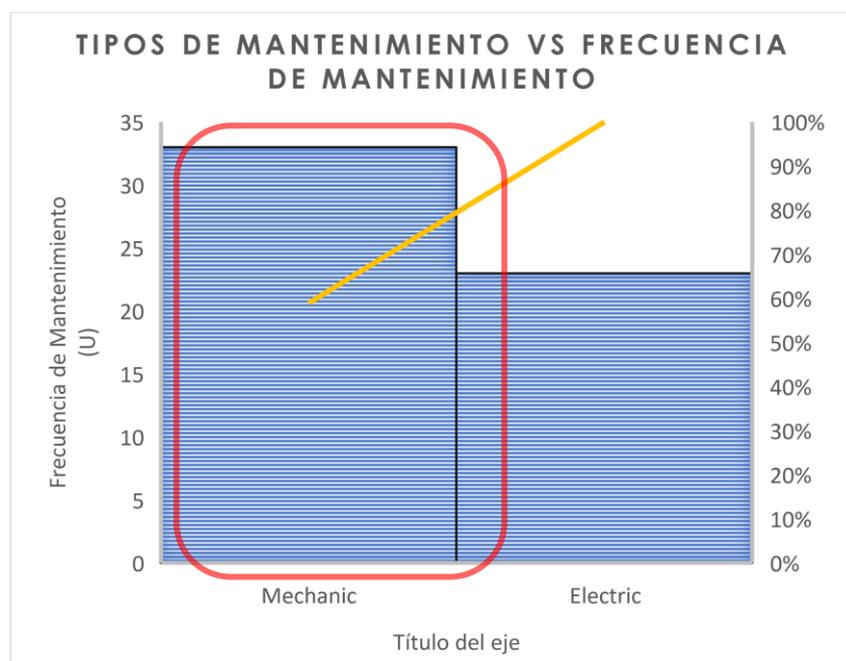
Al observar la Figura 2.3, esta indica que el valor p es mayor a 0.05 por lo que no hay suficiente evidencia estadística para negar la hipótesis nula ( $H_0$ ), este análisis permitió

concluir que los datos son, pero se necesita de un mejor control al momento de registrar los datos.

### 2.1.3 Estratificación del problema

Para evaluar las causas que generan un incremento en el tiempo de mantenimiento correctivo, se llevó a cabo un análisis con el diagrama de Pareto tomando como información los datos históricos desde los meses de abril hasta octubre del 2022.

Se analizaron los tipos de mantenimiento vs. la frecuencia con la que se presenta y se obtuvieron los siguientes resultados:



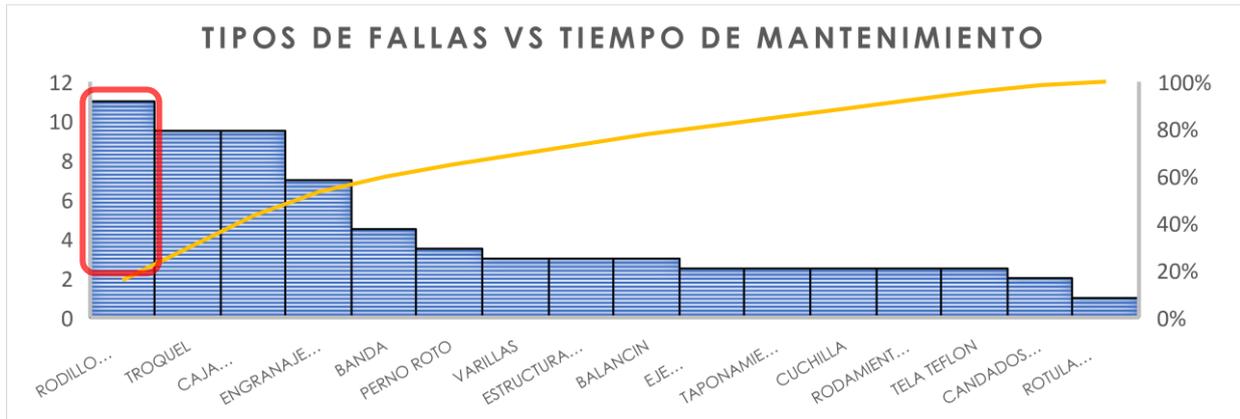
**Figura 2.4 Tipos de mantenimiento vs Frecuencia de mantenimiento**

La Figura 2.4 muestra los tipos de mantenimientos correctivos más frecuentes que ocurren en la línea selladora 17 son del tipo mecánico, además, se procedió a realizar el levantamiento de información para identificar cuáles son las causas de los daños mecánicos y eléctricos, obteniendo lo siguiente:

- **Para los daños mecánicos:**
  - Troquel
  - Banda

- Varillas
  - Candados
  - Eje de rodamiento
  - Estructura carro porta pinza
  - Taponamiento de cañerías
  - Rodillo sanfonador
  - Balancín
  - Engranaje plástico
  - Cuchilla
  - Perno roto
  - Rodamiento de cabezal
  - Rótula
  - Tela teflón
  - Caja reductora
- **Para los daños eléctricos:**
    - Sensor
    - Cable eléctrico
    - Sensor fotoeléctrico
    - Bornera
    - Terminales
    - Motorreductor
    - Temperatura
    - Cuchilla corte y sello
    - Potenciómetro
    - Drive
    - Motor eléctrico
    - Electroválvula

Una vez identificados los tipos de fallas que pueden ocurrir, se procedió a elaborar un segundo diagrama de Pareto para identificar cuáles son las causas del daño mecánico.



**Figura 2.5 Pareto de los tipos de falla vs tiempo de mantenimiento**

La Figura 2.5 muestra que los daños ocasionados por: el rodillo sanfonador, troquel, caja reductora, engranaje plástico y banda son los que generan un 80% de los daños, por los motivos de tiempo de implementación del proyecto y con aprobación del patrocinador, los esfuerzos serán analizar las causas que ocasionan los altos tiempos de mantenimiento correctivo por daños al rodillo sanfonador.

## 2.2 Análisis

La etapa de análisis permitió encontrar la causa y raíz al problema enfocado, para realizar esta etapa del proyecto, se solicitó la colaboración del personal y se utilizaron herramientas como: lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, matriz de causa – efecto que fueron necesarias para determinar las causas que afectan a la variable de interés.

### 2.2.1 Lluvia de ideas

Para aplicar la técnica lluvia de ideas del problema enfocado, se requirió el apoyo del jefe de mantenimiento, el supervisor de producción, técnico de mantenimiento y operador, como se observa en la Figura 2.6:

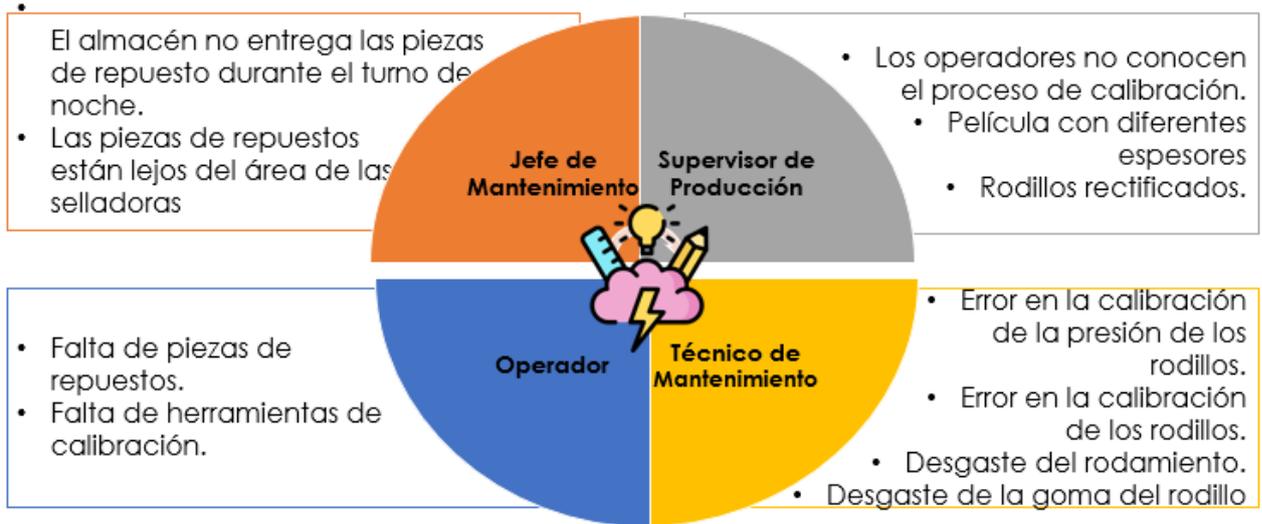


Figura 2.6 Lluvia de ideas

Después de aplicar la técnica lluvia de ideas, se procedió a categorizar las causas obtenidas mediante el diagrama de Ishikawa, como se observa en la Figura 2.7 que se encuentra a continuación:

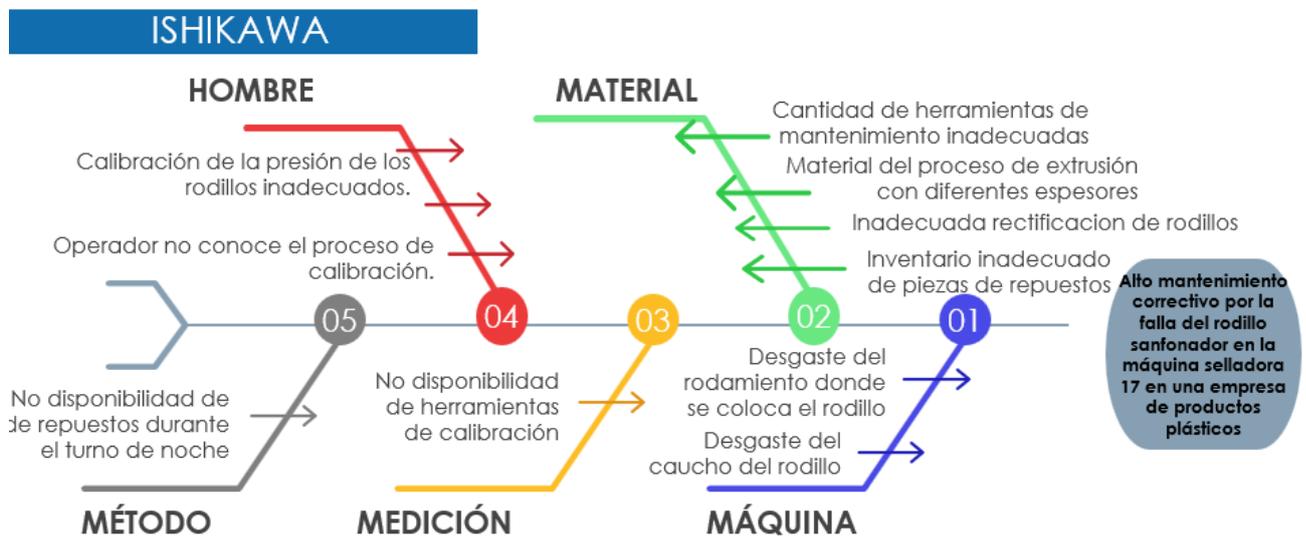


Figura 2.7 Diagrama de Ishikawa

### 2.2.2 Matriz Causa – Efecto

La herramienta matriz Causa – Efecto, se aplicó con la participación del personal involucrado en la empresa como: jefe de mantenimiento, supervisor de producción,

técnico de mantenimiento y operador, con el apoyo del personal antes mencionado, se determinó las posibles causas de mayor impacto que se obtuvieron del diagrama de Ishikawa representado en la Figura 2.7.

Para la ponderación de estas posibles causas se utilizó la siguiente tabla:

**Tabla 2.4 Tabla de ponderaciones para Matriz Causa – Efecto**

#	Nivel de Impacto
9	Alto
3	Medio
1	Bajo

**Tabla 2.5 Matriz Causa – Efecto**

	POSIBLES CAUSAS	JEFE DE MANTENIMIENTO	SUPERVISOR DE PRODUCCION	OPERADOR	TECNICO DE MANTENIMIENTO	MODA	IMPACTO
1	Inadecuado número de herramientas de mantenimiento	3	9	9	9	9	A
2	Inadecuada rectificación de rodillos	3	1	1	3	1*	B
3	Inventario de piezas de repuestos inadecuados	3	9	3	9	1*	B
4	Piezas de repuesto fuera del área de las selladoras	9	9	9	9	9	A
5	Material de proceso de extrusión con diferentes espesores	9	1	3	9	9	A
6	Calibración inadecuada de la presión de los rodillos	9	9	9	3	9	A
7	Operadores no conocen el proceso de calibración	3	3	3	9	3	M
8	Desgaste del caucho del rodillo sanfonador	9	9	9	9	9	A
9	Desgaste del rodamiento donde se coloca el rodillo	9	3	3	9	1*	B
10	No disponibilidad de herramientas de calibración	9	3	1	9	9	A
11	No disponibilidad de piezas de repuesto durante el turno de noche	3	9	3	3	3	B

Las causas que tienen un 1\* en Moda es porque se les asignó el menor valor ya que no se obtuvo una moda como tal, por lo que, no fueron consideradas en esta parte de análisis.

### **2.2.3 AMEF**

A través de esta herramienta de análisis eficaz, se determinaron otras causas potenciales que existen dentro del proceso de sellado, especialmente en la causa por daño del rodillo sanfonador a continuación, en siguiente tabla se observa:

**Tabla 2.6 AMEF área de las selladoras**

Proceso	Pasos del proceso	Efecto potencial de fallo	Modos potenciales de fallo	Severidad	Causas potenciales de fallo	Sistema de control	Ocurrencia	Detección	Prioridad		
<b>Sellado</b>	Colocar rodillo en eje	Rollo mal colocado	Rollo colocado al revés	3	Operador confunde la posición de salida del rollo	No hay	1	10	Baja		
	Colocar película por rodillos	Película mal colocada	No coloca la película en un orden específico	3	Operador desconoce el orden correcto para pasar la película por los rodillos	No hay	5	10	Baja		
					Falta de instructivo de trabajo	No hay	1	10	Baja		
	Cuchilla de corte y sellado	Mala calibración de cuchilla	Funda no esta bien cortada	6	Falta de temperatura en la cuchilla	No hay	7	10	Baja		
					Falta de velocidad de arrastre de película	No hay	6	10	Baja		
	Colocar película por rodillo sanfonador	Película no se arrastra/ película no sale	Caucho de rodillo desgastado	7	Falta de seguimiento del uso del rodillo	No hay	8	10	Alta		
					Rodamientos desgastados	No hay	8	10	Alta		
					Error en la calibración	8	Operador desconoce la calibración del rodillo	No hay	7	10	Alta
							Operador desconoce la cantidad de presión de que debe darle al rodillo	No hay	7	10	Alta
	Colocar película por rodillos	Película mal colocada	Película no avanza	5	Operador desconoce el uso de herramientas de medición	No hay	8	10	Alta		
					Error en la calibración del rodillo de arrastre	No hay	7	10	Media		
					Falta de aire en la película	No hay	5	10	Media		
	Rodillo de arrastre	Película no se arrastra	Daños en el rodillo de arrastre	5	Falta de tensión en la película	No hay	6	10	Media		
					Operador desconoce la calibración del rodillo de arrastre	No hay	7	10	Media		
	Película pasa por sellador	Defecto de sellado	Funda se encuentra mal sellada	8	Teflon quemado	No hay	8	10	Alta		
			Plástico pegado al sellador	8	Desgastes por temperatura	No hay	8	10	Alta		
		Defecto de corte	Corte irregular	8	Niquelina quemada	No hay	8	10	Alta		
	Funda recogida por cangrejos	Funda no es recogida por los cangrejos	Cangrejos mal calibrados	6	Pupos desgastados	No hay	3	10	Baja		
Operador mide al ojo la distancia de los cangrejos					No hay	3	10	Baja			
Troquelar funda	Funda sin troquelar	Error en la calibración del troquel	8	Operador desconoce el procedimiento de calibración	No hay	8	10	Alta			
				Falta de presión en el troquel	No hay	8	10	Alta			
		Troquel sin filo	8	Se desconoce el desgaste de la hoja de troquel	No hay	8	10	Alta			
				Falta de seguimiento del uso del troquel	No hay	8	10	Alta			

De la Tabla 2.6 se obtuvieron dos posibles causas potenciales adicionales, respecto al daño del rodillo sanfonador, a continuación, la lista de las posibles causas:

- Inadecuado número de herramientas de mantenimiento
- Inadecuada rectificación de rodillos
- Inventario de piezas de repuestos inadecuados
- Piezas de repuesto fuera del área de las selladoras
- Material de proceso de extrusión con diferentes espesores
- Calibración inadecuada de la presión de rodillos
- Operadores no conocen el proceso de calibración
- Desgaste de caucho del rodillo sanfonador
- Desgaste del rodamiento donde se coloca el rodillo
- No disponibilidad de herramientas de calibración
- No disponibilidad de piezas de repuesto durante el turno de noche

### 2.2.4 Matriz de Impacto – Esfuerzo

De la lista de causas potenciales obtenidas previamente, se elaboró la matriz de impacto – esfuerzo, para identificar cuáles de las causas potenciales tienen un mayor impacto y a su vez sean de fácil control.

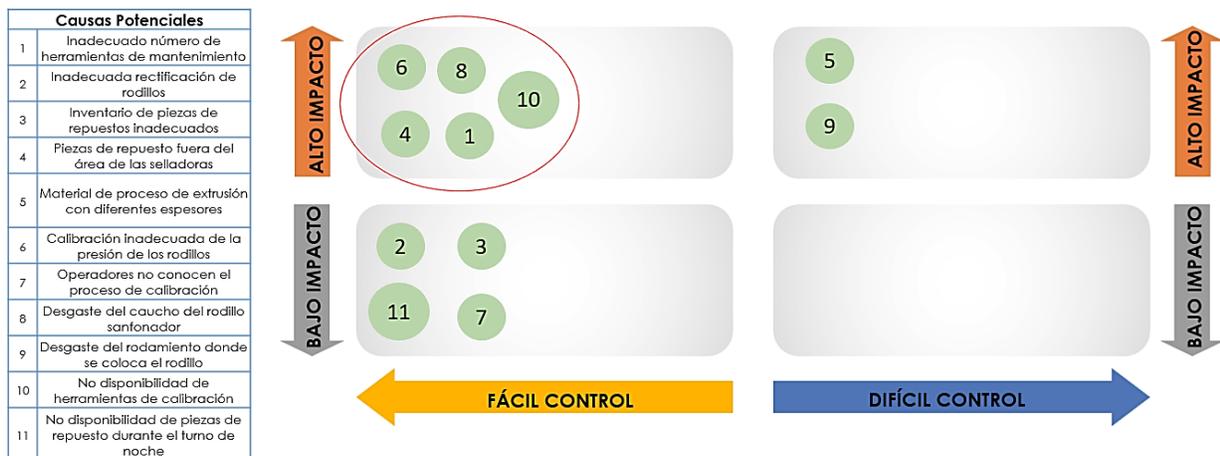


Figura 2.8 Matriz de Impacto - Esfuerzo

Como resultado de la Figura 2.8 se obtiene las siguientes causas potenciales:

- Inadecuado número de herramientas de mantenimiento
- Piezas de repuesto fuera del área de las selladoras
- Calibración inadecuada de la presión de los rodillos
- Desgaste del caucho del rodillo sanfonador
- No disponibilidad de herramientas de calibración

### 2.2.5 Plan de verificación de causas potenciales

De las causas potenciales se realizó el plan de verificación en el cual se detalló la teoría de impacto de cada una de las causas y su verificación como se muestra en la siguiente Tabla 2.7 Plan de Verificación de Causas Tabla 2.7

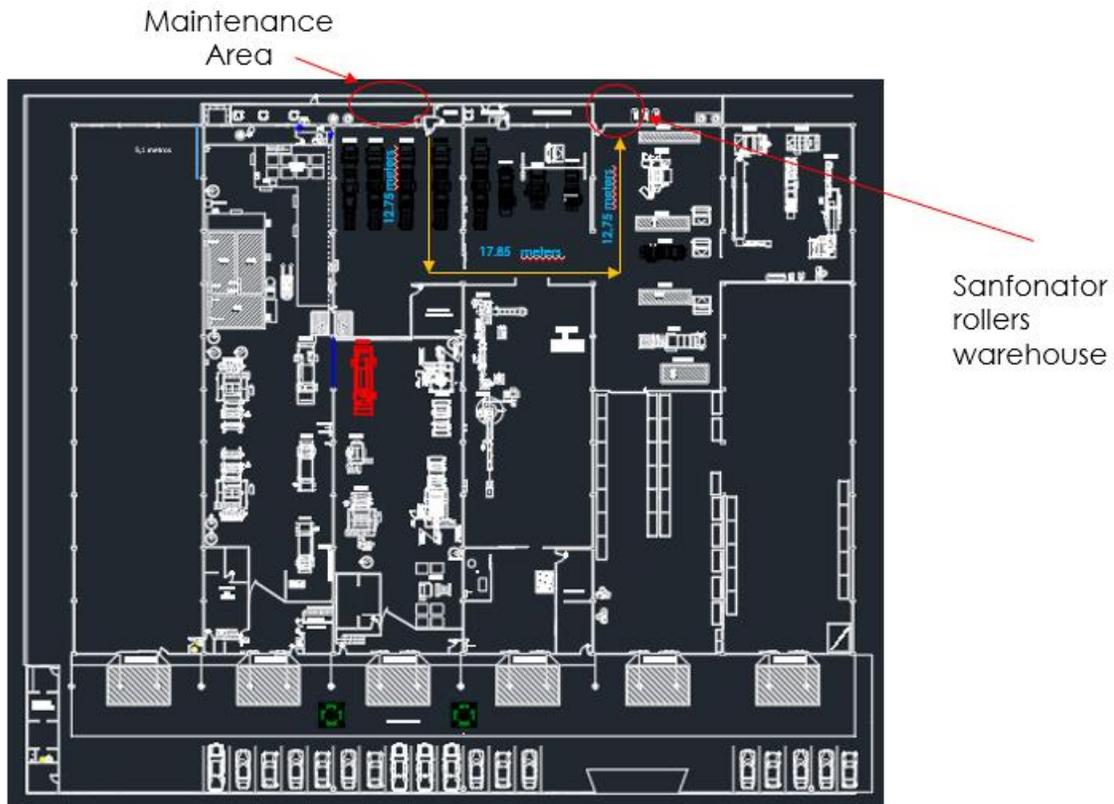
**Tabla 2.7 Plan de Verificación de Causas**

CAUSAS POTENCIALES		TEORIA DE IMPACTO	¿COMO ES VERIFICADA?	ESTADO
4	Piezas de repuesto alejadas del área de las selladoras	Cuanto más alejada esté la zona de repuestos, más tardará el mantenimiento correctivo.	Gemba - Desplazamiento hasta la zona de repuestos	Completo
6	Calibración inadecuada de la presión del rodillo	Calibración inadecuada de la presión de los rodillos provoca desgaste en el accionamiento de los rodillos, lo que se traduce en cambios frecuentes de rodillos y un aumento del tiempo de mantenimiento correctivo	Gemba - Calibración del rodillo sanfonador en la selladora	Completo
8	Desgaste de la goma/caucho del rodillo	Desgaste de la goma/caucho genera roturas en los extremos que provocan diferencias en la calibración de la presión, aumentando el tiempo de mantenimiento.	Gemba - Medición del espesor de la goma/caucho del rodillo	Completo
10	Indisponibilidad de herramientas de calibración	Baja disponibilidad de herramientas de calibración afecta al tiempo de mantenimiento correctivo.	Gemba - Prueba fotográfica de las herramientas de mantenimiento	Completo
1	Número inadecuado de herramientas de mantenimiento			Completo

## 2.2.6 Verificación de causas

Se realizó la verificación de causas de cada una de ellas.

### Causa 1: Piezas de repuesto alejadas de la zona de la selladora



**Figura 2.9 Layout de la empresa (Facilitado por la empresa)**

De datos tomados el día 12 de noviembre y 6 de diciembre del 2022 se evidenció que el técnico de mantenimiento debe movilizarse para conseguir el repuesto del rodillo sanfonador, la distancia y el tiempo se detallan a continuación:

- El técnico de mantenimiento recorre: 43.35 metros
- El técnico de mantenimiento se demora: 4 minutos

A este tiempo encontrado debe agregarse una holgura, la cual considera la

búsqueda del carro elevador para transportar el rodillo y la búsqueda de un operador que ayude a levantar el rodillo y colocarlo en el carro, por lo tanto, si los repuestos se encuentran a una mayor distancia aumentará el tiempo de mantenimiento correctivo. Se adjunta evidencia del área de almacenamiento de rodillos



**Figura 2.10 Área de almacenamiento de rodillos**

Causa 2: Calibración inadecuada de la presión del rodillo

Una inadecuada calibración de la presión provoca desgaste en el accionamiento de los rodillos, incrementando la frecuencia de cambio del rodillo por lo que a su vez el tiempo de mantenimiento correctivo también aumenta, tal como se evidencia en las imágenes a continuación:



**Figura 2.11 Correcta Calibración**



**Figura 2.12 Incorrecta Calibración**

En la Figura 2.12 se evidencia el valor de 23.40mm correspondiente a una incorrecta calibración del rodillo sanfonador por lo que, genera desgaste en el accionamiento de los rodillos, ya que, mientras más presión exista mayor será el desgaste como se aprecia a continuación:



**Figura 2.13 Accionamiento de los rodillos**

Causa 3: Desgaste de la goma/caucho del rodillo

El desgaste de la goma genera roturas en los extremos que provocan diferencias en la calibración de la presión, lo que aumenta el tiempo de mantenimiento, tal como se aprecia en las imágenes a continuación:



**Figura 2.14 Análisis de desgaste de caucho de rodillo sanfonador**

La Figura 2.14 evidencia el desgaste del caucho del rodillo sanfonador pues se obtuvo 154 cm en una parte del rollo y en otra se obtuvo 152 cm, esto se encuentra desgastado ya que la medida debe ser uniforme en todo el rollo; además se observó el peor escenario para el caucho de rodillo.



**Figura 2.15 Peor escenario para el desgaste de caucho del rodillo sanfonador**

Causa 4: Inadecuado número de herramientas de mantenimiento / No disponibilidad de herramientas de calibración

La poca disponibilidad de herramientas de mantenimiento y de calibración afecta a los tiempos de mantenimiento debido a que no se tiene establecido un orden y limpieza como se evidencia en la Figura 2.16 que se encuentra a continuación:



**Figura 2.16** Espacio de trabajo del área de mantenimiento

### **2.2.7 Determinación de causas raíz**

Se realizó la herramienta de análisis de causas 5 por qué, en la cual se analizó cada caso potencial hasta obtener su respectiva causa raíz como se muestra a continuación en la Tabla 2.8

**Tabla 2.8 Herramienta 5 Por qué**

CAUSA POTENCIAL	POR QUÉ? 1	RESPUESTA 1	POR QUÉ? 2	RESPUESTA 2	POR QUÉ? 3	RESPUESTA 3	POR QUÉ? 4	RESPUESTA 4	CAUSA RAIZ
<b>Piezas de repuesto fuera del área de las selladoras</b>	¿Por qué las piezas de repuesto se encuentran fuera del área de las selladoras?	Porque el lugar designado se encuentra en otra area	¿Por qué el lugar designado se encuentra en otra area?	Porque por política de la empresa hay una area centralizada de repuestos	¿Por qué por política de la empresa hay una area centralizada de repuestos	Porque no se identificado otro espacio	¿Por qué no se ha identificado otro espacio?	Porque los espacios se tiene ocupados con materiales que ya no se usan	Porque los espacios se tiene ocupados con materiales que ya no se usan
<b>Desgaste del caucho del rodillo sanfonador</b>	¿Por qué se desgasta el caucho del rodillo sanfonador?	Porque hay un ajuste excesivo entre los rodillos	¿Por qué se da el ajuste excesivo entre los rodillos?	Por desconocimiento de como realizar la calibración del rodillo por diferencias de espesores de funda	¿Por qué hay desconocimiento de como realizar la calibración del rodillo por diferencias de espesores de fundas?	Porque hay falta de estándares de calibración por diferencia de espesor de fundas (gruesas/finas)	¿Por qué hay falta de estándares de calibración por diferencia de espesor de fundas (gruesas/finas) ?	Porque no hay control de espesores de las fundas	Porque no hay control de espesores de las fundas
<b>Calibración inadecuada de la presión de los rodillos</b>	¿Por qué se desgasta el caucho del rodillo sanfonador?	Porque hay desconocimiento de como realizar la calibración	¿Por qué hay desconocimiento de como realizar la calibración?	Porque hay falta de capacitación para realizar calibraciones	¿Por qué no hay capacitaciones para realizar las calibraciones?	Porque hace falta de un programa de entrenamiento	¿Por qué no hay un programa de entrenamiento ?	Porque no hay una buena gestión de los lideres del proceso para una adecuada capacitación	Porque no hay una buena gestión de los lideres del proceso para una adecuada capacitación
<b>No disponibilidad de herramientas de calibración</b> <b>Inadecuado número de herramientas de mantenimiento</b>	¿Por qué hay poca disponibilidad de herramientas de medición y/o mantenimiento?	Porque existe la perdida o el deterioro de las herramientas	¿Por qué existe la perdida o el deterioro de las herramientas?	Porque no hay de control de la cantidad y uso de las herramientas					Porque no hay de control de la cantidad y uso de las herramientas

Se obtuvo como resultado las potenciales causas ya verificadas con la respectiva causa raíz como se muestra en la Tabla 2.9

**Tabla 2.9 Causas raíz**

	<b>CAUSAS POTENCIALES</b>	<b>CAUSA RAIZ</b>
1	Piezas de repuesto fuera del área de las selladoras	Porque los espacios se tienen ocupados con materiales que ya no se usan
2	Calibración inadecuada de la presión de los rodillos	Porque no hay una buena gestión de los líderes del proceso para una adecuada capacitación
3	Desgaste del caucho del rodillo sanfonador	Porque no hay control de espesores de las fundas
4	No disponibilidad de herramientas de calibración	Porque no hay de control de la cantidad y uso de las herramientas
	Inadecuado número de herramientas de mantenimiento	

### 2.3 Generación de soluciones

Partiendo de las causas raíz encontradas, se propusieron posibles soluciones, las mismas que fueron validadas con el equipo para garantizar el impacto en la solución del problema.



**Figura 2.17 Posibles soluciones**

### 2.3.1 Evaluación de posibles soluciones

Para identificar cuáles de las posibles soluciones se iban a implementar, se evaluaron los costos de implementación.

En la Tabla 2.10 se aprecia la estimación de costos, considerando los recursos humanos, los días laborales, el costo de mano de obra y la inversión en maquinaria.

**Tabla 2.10 Costo estimado a las posibles soluciones**

<b>COSTO ESTIMADO - POSIBLES SOLUCIONES</b>						
<b>#</b>	<b>POSIBLES SOLUCIONES</b>	<b>RECURSOS HUMANOS</b>	<b>DIAS LABORABLES</b>	<b>COSTO MANO DE OBRA</b>	<b>COSTO MAQUINAS Y EQUIPOS</b>	<b>TOTAL</b>
1	Rediseño de layout	3	15	\$ 1.790,00	\$ 80,00	\$ 1.870,00
2	Capacitación al operador	1	15	\$ 27,70	\$ -	\$ 27,70
3	Determinar excentricidad del espesor	2	30	\$ 1.300,00	\$ 710,00	\$ 2.010,00
4	Implementación del 5s	3	15	\$ 27,70	\$ -	\$ 27,70
5	Implementación del control en herramientas y piezas de repuestos	2	15	\$ 27,70	\$ 140,00	\$ 167,70

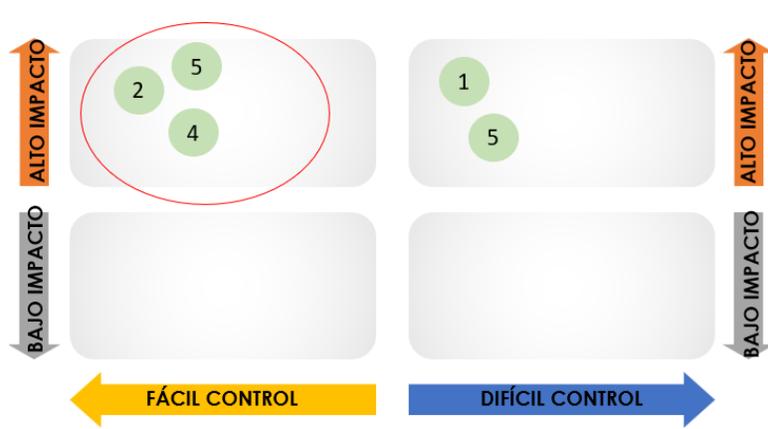
Adicionalmente, se evaluó cada solución mediante 3 indicadores: Alto impacto, Bajo esfuerzo y Bajo costo; cada uno de los cuales tuvo asignado un valor entre 1 y 5, siendo 1 malo y 5 excelente. En la Tabla 2.11 se puede apreciar que las soluciones 2, 4 y 5 son las que tienen un criterio elevado para ser implementadas.

**Tabla 2.11 Evaluación de las posibles soluciones**

#	POSIBLES SOLUCIONES	ALTO IMPACTO (40%)	BAJO ESFUERZO (30%)	BAJO COSTO (30%)	TOTAL
1	Rediseño de la disposición de los espacios ocupados y adquisición de implementos de almacenamiento	4	3	2	3,1
2	Capacitación del operador en el uso de las herramientas vernier y cinta pi tape para calibración	5	3	4	4,1
3	Determinar un criterio de excentricidad del espesor a partir del área de extrusión	5	1	1	2,6
4	Implementación de 5s en área de mantenimiento y selladoras	5	4	4	4,4
5	Implementación del control en herramientas y piezas de repuesto (checklist)	4	4	3	3,7

### 2.3.2 Diagrama de impacto – esfuerzo

Es la representación gráfica de la matriz de selección de soluciones, en ella se ubican las soluciones que generen un alto impacto y bajo esfuerzo para resolver el problema planteado.



**Figura 2.18. Diagrama impacto – esfuerzo**

### 2.3.3 Plan de implementación de soluciones

El plan debe indicar: quienes estarán involucrados, cuanto se invertirá en la implementación, como será realizado, cuando se va a realizar, porqué debería realizarse la actividad y dónde se realizarán las implementaciones tal como se evidencia en la Tabla 2.12

**Tabla 2.12 Plan de implementación de soluciones**

SOLUCION	FORMACIÓN AL OPERADOR EN EL USO DE HERRAMIENTAS VERNIER Y CINTA PI PARA CALIBRACIÓN	IMPLEMENTACIÓN DE 5s EN ÁREA DE MANTENIMIENTO Y CONVERTIDORES	IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL EN HERRAMIENTAS Y REPUESTOS (CHECKLIST)
¿QUIÉN?	Líderes de proyecto (Alejandro Padilla & Daniela Ullauri)	Líderes de proyecto (Alejandro Padilla & Daniela Ullauri)- Técnico de mantenimiento	Líderes de proyecto (Alejandro Padilla & Daniela Ullauri)
¿CUÁNTO?	\$27,70	\$27,70	\$167,70
¿CÓMO?	Capacitación en el uso de herramientas de calibración al personal de las máquinas selladoras. Además, estandarizar el proceso de calibración del rodillo sanfonador.	Implementar los dos pilares de 5s: clasificación y ordenamiento dentro del área de mantenimiento y las selladoras.	Realizar una lista de verificación de las herramientas disponibles para el operador. También agregar un espacio con las refracciones necesarias
¿CUÁNDO?	27/12/2022	19/12/2022 - 23/12/2022	28/12/2022 - 30/12/2022
¿POR QUÉ?	Reduce el nivel de desconocimiento de los operadores sobre el proceso de calibración.	Reduce el tiempo de búsqueda de herramientas en el área de mantenimiento, lo que a su vez reduce el tiempo de mantenimiento correctivo.	Elimina transportes innecesarios, mejora las condiciones de trabajo del operador, reduce el tiempo de mantenimiento correctivo del rodillo sanfonador.
¿DÓNDE?	Área de selladoras	Área de mantenimiento y área selladoras	Área de selladoras

### 2.4 Implementación de soluciones

En los siguientes pasos se explicará la implementación de cada una de las soluciones.

### 2.4.1 Formación al operador en el uso de herramientas de calibración (Vernier y Cinta Pi Tape)

En conversaciones con el cliente clave se decidió realizar una capacitación sobre el uso de las herramientas de calibración en el que se incluye al vernier y a la cinta pi tape, por lo cual se elaboró un plan para capacitar al operador.

**Tabla 2.13 Plan de capacitación**

PLAN DE CAPACITACION				
TEMA	ALCANCE	EXPOSICION	ASISTENTES	DURACIÓN
1. Diagnóstico de conocimiento generales	Evaluar los conocimientos del operador respecto al uso y lectura de la herramienta de calibración y de la cinta pi tape	Alejandro Padilla	Operador/es	5 MIN
2. Presentación de las herramientas de calibración	Dar a conocer diferentes herramientas de calibración tales como vernier y cinta pi tape	Alejandro Padilla/ Carlos Pérez	Operador/es	10 MIN
3. Ejemplo didáctico del uso de las herramientas	Brindar un ejemplo práctico utilizando las herramientas de calibración	Alejandro Padilla/ Carlos Pérez	Operador/es	20 MIN
4. Ejemplo didáctico del uso de la cinta pi tape	Brindar un ejemplo práctico utilizando la cinta pi tape	Alejandro Padilla/ Carlos Pérez	Operador/es	20 MIN
5. Diagnóstico final	Evaluar los conocimientos del operador después de la presentación	Alejandro Padilla	Operador/es	5 MIN

Para poder obtener un antes y después de la capacitación realizada al operador se procedió a realizar un diagnóstico de conocimientos generales respecto al uso y lectura de las herramientas de medición. Adicionalmente, se realizaron ejemplos didácticos en el que el operador participó en la toma de medidas usando las herramientas.

### 2.4.2 Implementación 5s (Clasificar y Ordenar) en el área de mantenimiento y de las selladoras

Para implementar 2 de las 5s siendo estas: clasificar y ordenar se propuso realizar visitas a la planta como sugerencia para que el personal técnico de mantenimiento lo tenga en

consideración, en la Tabla 2.14 se aprecia el día y las horas destinadas para realizar las actividades propuestas.

**Tabla 2.14 Cronograma de implementación de 5s**

<b>CRONOGRAMA PARA LA 4TA ETAPA " IMPLEMENTACIÓN "</b>			
<b>TEMA DE TESIS</b>	REDUCIR EL TIEMPO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO POR EL DAÑO DEL RODILLO SANFONADOR		
<b>SOLICITANTES</b>	ALEJANDRO PADILLA / DANIELA ULLAURI		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PERSONAL REQUERIDO</b>	<b>FECHA ESTIMADA</b>	<b>HORAS ESTIMADAS</b>
3. Aplicación de herramienta 5's – clasificar	Técnico de mantenimiento, operadores	Lunes 19 y martes 20 de dic	2 HORAS CADA DÍA
4. Aplicación de herramienta 5's – ordenar	Técnico de mantenimiento, operadores	Miércoles 21 y jueves 22 de dic	2 HORAS CADA DÍA

El objetivo de esta implementación es la de liberar a las áreas de todo aquello que obstaculizará el trabajo, como podemos apreciar tanto en la Figura 2.19 como en la Figura 2.20 encontramos algunos materiales que ya no deberían encontrarse allí debido a que ya no iban a ser utilizadas o estaban dañadas.



**Figura 2.19. Área de mantenimiento (Antes)**



**Figura 2.20. Área de selladoras (Antes)**

Como es el caso de Figura 2.20, existían troqueles antiguos que se encontraban sin usar por más de 4 años, por la razón de que fueron cambiados a troqueles de madera es por ello por lo que se procedió a eliminar.

Luego de realizar la clasificación y el orden los espacios en las áreas escogidas quedaron libres y con espacio suficiente para transitar y colocar soportes nuevos para rodillos y gavetas para guardar repuestos.



**Figura 2.21. Área de mantenimiento (Después)**



**Figura 2.22 Área de selladoras (Después)**

Como se puede observar en Figura 2.21 y Figura 2.22 se tiene el después de la implementación de la 5s: ordenar, en la que el área de mantenimiento cuenta con un control en su caja de herramientas, así mismo del área de las selladoras se liberó el espacio del soporte de los troqueles con la finalidad de dar paso a la siguiente implementación del control de repuestos.

### **2.4.3 Implementación de control en herramientas y repuestos**

Nos reunimos con el personal que lleva a cabo el proceso y levantamos información relacionada con las herramientas que tienen a la mano y si estas pueden ser útiles para cambiar el rodillo sanfonador. En la Tabla 2.15 se puede apreciar las herramientas que tiene el operador.

**Tabla 2.15 Herramientas requeridas para el cambio del rodillo sanfonador**

HERRAMIENTAS REQUERIDAS PARA CAMBIAR EL RODILLO			
DESCRIPCIÓN	STOCK		OBSERVACIÓN
	SI	NO	
Llave boca - corona 22mm		X	
Llave francesa 12 mm		X	
Llave Allen 5mm	X		
Llave Allen 6mm	X		
Llave Allen 8mm	X		
Santiago		X	Debe colocarse en el área de mantenimiento
Destornillador plano		X	

Además, para reducir los movimientos innecesarios tales como: buscar rodillos en el área de los chiller, solicitar rodamientos al área de bodega y luego buscar los repuestos en proveeduría, haciendo que el tiempo de búsqueda de herramientas disminuya notoriamente.

Por lo cual en el espacio liberado gracias a la implementación previamente realizada del 5s: clasificación y orden se colocó un soporte para colocar 2 rodillos sanfonador y un gabinete para colocar los repuestos necesarios para el cambio del rodillo tales como: rodamientos y bandas lo que disminuirá el tiempo del proceso de cambio.



**Figura 2.23. Soporte y gabinete**

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Formación al operador en el uso de herramientas de calibración (Vernier y Cinta Pi Tape)

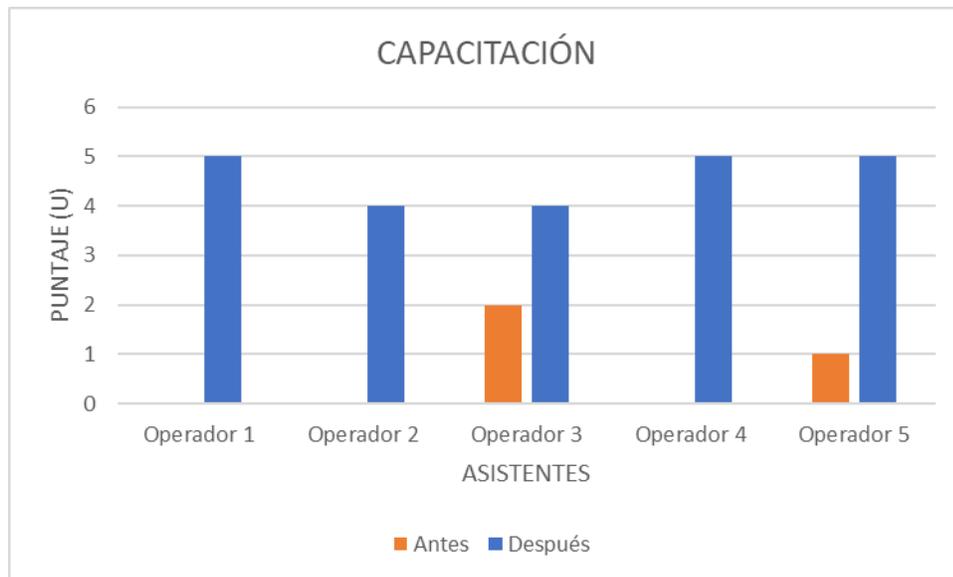
Al proponer el plan de capacitación y formar al operador en el uso de las herramientas de calibración, se considera que el tiempo utilizado para calibrar la presión del rodillo cuando se realicen cambios de pistas o tipos de fundas en turnos donde no se encuentre el personal de mantenimiento (turno nocturno) disminuirán significativamente.

Para realizar esta capacitación se solicitó soporte al técnico de mantenimiento, en la Tabla 3.1 exponemos el cuestionario y las ponderaciones de las preguntas.

**Tabla 3.1 Cuestionario de conocimientos**

<b>Preguntas</b>	<b>Puntaje</b>
Nombre las herramientas de medición usadas para calibrar el rodillo sanfonador	2
De ejemplos de donde puede utilizar las herramientas de calibración	2
¿Cuál es la escala principal del calibrador vernier?	1

Del cuestionario realizado a los operadores se pudo obtener el siguiente resultado antes y después de la capacitación:



**Figura 3.1 Evaluación de conocimientos antes y después**

De la Figura 3.1 se demuestra que los operadores demostraron un incremento en sus conocimientos luego de la capacitación realizada, por lo que, los operadores ahora cuentan con un conocimiento respecto a las herramientas de medición.

### **3.2 Implementación 5s (Clasificar y Ordenar) en el área de mantenimiento y de las selladoras**

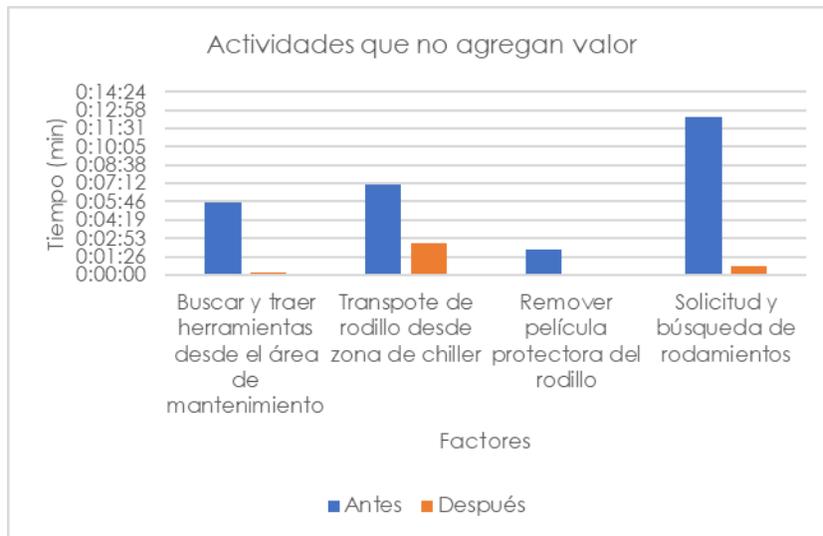
Al implementar 2 de las 5s se logró liberar espacio en el área de las selladoras, el cual luego fue ocupado por gabinetes y soportes que facilitaron la rápida respuesta de los técnicos de mantenimiento al instante de realizar un cambio de rodillo.

Una situación similar se ha dado en el área de sellado, esto ocurrió debido a que se identificaron las herramientas esenciales para realizar el cambio y se tenían separadas y almacenadas en lugares de fácil ubicación.

Para analizar los resultados se evaluaron los siguientes factores:

- Búsqueda de herramientas
- Búsqueda y solicitud de repuestos (rodamientos, bandas)
- Transporte de rodillo desde zona de chiller

- Remover película protectora del rodillo sanfonador.



**Figura 3.2 Actividades que no agregan valor (Antes y Después) en el cambio del rodillo sanfonador**

En la Figura 3.2 se puede identificar que cada uno de los factores han disminuido en la cantidad de tiempo empleado luego de la implementación de la mejora, tenemos:

- Buscar y traer herramientas desde el área de mantenimiento se redujo un 97%
- Transporte de rodillo desde zona de chiller se redujo un 35%
- Remover película protectora del rodillo fue eliminada del proceso ya que ahora dichos rodillos tienen que ser revisado y colocados en los soportes designados
- Solicitud y búsqueda de rodamientos se redujo 95%

### 3.3 Implementación de control en herramientas y repuestos

Para llevar el control se procedió a colocar un registro en el gabinete de repuestos, este registro permite recolectar información para mantener en stock los repuestos necesarios para realizar los cambios de rodillo, esto con la finalidad de disminuir los tiempos de respuesta respecto a requisición de repuestos necesarios para realizar la actividad del cambio del rodillo. Cada pieza de repuesto debe reponer a su debido tiempo.

### 3.4 Verificación de mejoras luego de la implementación

En la serie de tiempo de la Figura 3.3, se observa que existe una reducción en los tiempos de para por mantenimiento correctivo en la selladora 17 en la que inicialmente presentaba en promedio 23 horas de para (antes de la implementación) pero luego de realizar las implementaciones se obtuvo en promedio 16 horas de para. Dando como resultado una reducción del 30,44% de tiempo por mantenimiento correctivo.

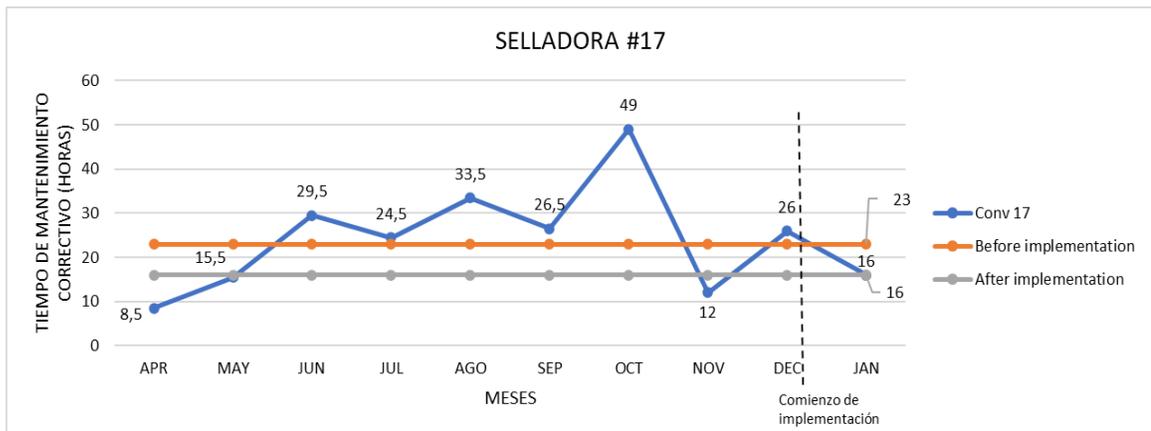


Figura 3.3 Serie de tiempo Selladora #17 antes y después de la implementación

### 3.5 Beneficios económicos

Los altos tiempos de mantenimiento correctivo han ocasionado que los planes de producción no se culminen en la máquina en la que estaban planificadas inicialmente; además, debido a la baja demanda presentada en este periodo se ha dado paso a que realicen dichas producciones en otras selladoras.

La empresa busca culminar los planes en las máquinas planificadas, por lo tanto, una vez implementadas las mejoras se obtuvo una reducción del 30,43% del tiempo utilizado para mantenimiento correctivo lo que ha permitido realizar hasta al menos un 27% del plan de producción ahorrando unos \$ 3.465,99 por turno.

### 3.6 Beneficios sociales

Inicialmente se contaba con un total de 12% de los operadores del área de sellado capacitados en temas de uso de herramientas de calibración tanto como: calibrador de vernier y la cinta pi tape, pero luego de la implementación realizada el porcentaje de operadores capacitados asciende al 92%. Por lo que, los operadores del turno nocturno se encuentran capacitados para atender los mantenimientos correctivos, haciendo que el tiempo por paras disminuya.

### 3.7 Beneficios ambientales

El porcentaje de turnos que han entregado el área limpia por máquina asciende a un 90% después de la implementación de las soluciones respecto al porcentaje inicial que era de 30%, es decir, que hubo un incremento del 60% de áreas limpias.

### 3.8 Plan de control

Una vez implementadas las soluciones, se procedió con el plan de control con el objetivo de garantizar el cumplimiento de las soluciones a lo largo del tiempo. A continuación, se encuentra el plan de control:

PLAN DE CONTROL						
PROYECTO:	Reducir el tiempo de mantenimiento correctivo por daño del rodillo sanfonador en la selladora #17					
SOLUCIÓN	¿QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿CÓMO?	¿QUIÉN?	¿CUÁNDO?	¿DÓNDE?
1. Capacitar al operador en el uso de las herramientas de medición (calibrador vernier & cinta pi tape)	Brindar actualización de conocimientos sobre el uso de herramientas de medición	Para reducir los altos tiempos por mantenimiento correctivo en el turno nocturno	Pruebas de evaluación de conocimientos del operador	Jefe de Mantenimiento/ Técnicos de mantenimiento	Mensualmente	Área de reuniones
2. Implementar 5S en el área de mantenimiento y selladoras	Verificar de manera visual que el área se encuentra limpia y las herramientas y repuestos están en lugares de fácil acceso	Para reducir los tiempos de búsqueda de herramientas y repuestos	Auditoría de limpieza en el área de mantenimiento	Técnicos de mantenimiento	Semanalmente	Área de mantenimiento
3. Implementar un control de herramientas y repuestos (checklist)	Verificar de manera visual y registrar en los controles	Para establecer un control respecto a herramientas y repuestos	Registros de control de herramientas y repuestos	Técnicos de mantenimiento	Cada que se haga un cambio de rodillo sanfonador	Área de mantenimiento y Área de selladoras

**Figura 3.4 Plan de control de las soluciones**

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Se logró reducir el tiempo de mantenimiento correctivo en la máquina selladora 17 de 23 horas de para a 16 horas, lo cual, es más de lo propuesto inicialmente que fue de 18,65 horas, dando como resultado una reducción del 30,44%.
- Del problema enfocado se logró reducir el tiempo de mantenimiento correctivo en la máquina selladora 17 por daño en el rodillo sanfonador de 3:38 horas a 1:27 horas, dando como resultado una reducción del 40%.
- Las pérdidas por tiempo debido a la búsqueda de herramientas y repuestos desde el área de mantenimiento se redujeron en un 97%, así mismo fue el caso para solicitud y búsqueda de repuestos logrando una reducción del 95%.
- Con el instructivo de calibración y la capacitación impartida a los operadores, aumentó el nivel de conocimiento de los operadores en un 80%.
- Con la instalación del soporte para rodillos y el gabinete para repuestos se redujo las distancias recorridas por los operadores y técnicos de mantenimiento para realizar los cambios por mantenimiento correctivo.

### 4.2 Recomendaciones

- Facilitar un asistente al técnico de mantenimiento al momento de realizar los mantenimientos correctivos para que el tiempo de para permanezca bajo.
- Capacitación continua a los operadores del área de sellado en el uso de las herramientas de medición.

- Verificar las dimensiones del eje del rodillo sanfonador cuando este sea rectificado y/o reencauchado, para evitar demoras en el proceso.
- Verificar los repuestos y materiales proveniente de los proveedores cuando estos recién ingresen a la planta.
- Controlar el uso de los repuestos y mantener un stock los repuestos del gabinete.

# BIBLIOGRAFÍA

Breyfogle. (2003). Obtenido de

[https://mdthinducollege.org/ebooks/statistics/Implementing\\_Six\\_Sigma.pdf](https://mdthinducollege.org/ebooks/statistics/Implementing_Six_Sigma.pdf)

Cruz, L., Mar Orozco, C., Pérez, M. d., Ortiz, J., & Lince, E. (2014). Uso de TRIZ, VOC Y QFD como herramientas para el diseño de nuevos productos. *CUJAE*, 1-6.

Falcó Rojas, A. (2009). *Herramientas de Calidad*. Madrid : ICAI.

Gento, Á., & Redondo, A. (2005). *Evaluación del mantenimiento utilizando técnicas difusas*. Gijón.

González, H., & Escobar, C. (2021). Aplicación de la herramienta SIPOC a la cadena de suministro interna de una empresa distribuidora de medicamentos . *Naturaleza, Innovación y Tecnología*, 119-134.

Montgomery, D. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control* (Vol. 6ta). Wiley.

Nieble, B. w., & Freivlads, A. (2009). Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo. En *Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo* (págs. 340-341). México: The McGraw Hill.

Oficial, R. (21 de 5 de 2021). *Registro Oficial*. Obtenido de <https://www.registroficial.gob.ec/>

Pérez, E., & García, M. (2014). Implementación de la metodología DMAIC - Seis Sigma en el evasado de licrores en Fanal . *Tecnología en Marcha*, 89-104.

# APÉNDICES

## APÉNDICE A

### INSTRUCTIVO DE CALIBRACIÓN DEL RODILLO SANFONADOR

Para mantener las medidas a corto y largo plazo se elaboró un instructivo de trabajo, en el mismo se indica el paso a paso sobre cómo realizar la calibración del rodillo y las herramientas que deben utilizarse para que el proceso sea fluido y reduciendo un 40% el tiempo de calibración.

INSTRUCTIVO DE CALIBRACIÓN				
Área:		Selladoras	Trabajo:	Calibración de rodillo sanfonador
Elaborado por:		Alejandro Padilla & Daniela Ullauri	Tema Tesis:	Reducción del tiempo de mantenimiento correctivo en una empresa de productos plásticos.
Pasos	Actividad	Descripción	Herramientas a utilizar	Procedimiento Visual
<u>1</u>	Liberar Rodillos	Con la llave tubo aflojar el eje lo que permite que el rodillo se libere.	Llave tubo	
<u>2</u>	Liberar Tuerca	Con la llave boca corona #22 aflojar ambas tuercas de la máquina selladora (extremo derecho e izquierdo)	Llave boca corona #22	
<u>3</u>	Calibrar Perno	Utilizar un destornillador plano para calibrar ambos pernos. A) Si se desea ajustar debe girar el destornillador hacia la derecha. B) Si desea liberar/aflojar debe girar el destornillador a la izquierda	Destornillador Plano	
<u>4</u>	Ajustar Tuerca	Con la llave boca corona #22 ajustar ambas tuercas de la máquina selladora (extremo derecho e izquierdo)	Llave boca corona #22	
<u>5</u>	Ajustar Rodillo	Con la llave tubo ajustar el eje lo que permite cerrar el espacio entre los rodillos (sanfonador y loco)	Llave tubo	
<u>6</u>	Comprobar Distancia	Medir y registrar la distancia entre los espacios	Calibrador vernier	
<u>Z</u>	Verificar calibración	Con la máquina en marcha verifique que la película se encuentre ajustada entre el espacio de los rodillos. Si la máquina no está trabajando bien vuelva al <b>paso 1</b>		

**Figura A. 1 Instructivo de calibración del rodillo sanfonador**

## APÉNDICE B

### RECOLECCIÓN DE DATOS

Se realizó un formato de registro de procedimiento para la recolección de datos con la finalidad de anotar el paso del procedimiento a seguir por un daño específico del rodillo sanfonador siendo este el enfoque del proyecto.

REGISTRO DE PROCEDIMIENTO					
Tiempos de para por mantenimiento correctivo					
Encierre la máquina detenida					
Máquina		17-19-20			
Encierre el tipo de fallo					
Tipo de fallo		Mecánico		Electrico	
Hora inicio:		Hora final:			
Descripción del procedimiento		T. Inicio	T. Final	T. Total	Obervaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
Registrado por	Nombre:			Registrado por	Nombre:
	Firma:				Firma:

**Figura B. 1. Registro del procedimiento para la recolección de datos**

## APÉNDICE C

### OTIDA FINAL

Se realizó un diagrama de flujo OTIDA final respecto al mantenimiento correctivo del rodillo sanfonador con la finalidad de establecer un mayor detalle del proceso a seguir.

DIAGRAMA DE FLUJO OTIDA								
ACTIVIDAD	PROCESO SUB ACTIVIDAD	MANTENIMIENTO CORRECTIVO EN EL RODILLO SANFONADOR VALUE						TIEMPO
			O	T	I	D	A	
INSPECCIÓN	Realizar inspección del daño a la máquina selladora	AV			X			0:03:00
	Traer herramientas necesarias para el mantenimiento	NAV		X				0:00:10
REPARACIÓN	Liberar rodillos con llave tubo	AV	X					0:00:08
	Liberar soporte de banda	AV	X					0:00:51
	Sacar la banda del rodillo sanfonador	AV	X					0:00:44
	Retirar las bridas de ambas caras laterales de la maquina (con la ayuda del santiago)	AV	X					0:15:45
	Buscar tubo de cartón	NAV		X				0:01:00
	Colocar tubo de cartón debajo del rodillo sanfonador	NAV	X					0:00:30
	Amarrar rodillo sanfonador con un faja	AV	X					0:03:00
	Empujar el eje del rodillo por la cara lateral de la máquina	NAV	X					0:01:30
	Sacar el rodillo sanfonador a un costado de la maquina	AV	X					0:01:25
	Estraer buje de polea	AV	X					0:03:40
	Buscar carro plataforma	NAV		X				0:00:51
	Trasladar rodillo al área designada	NAV		X				0:01:28
	Llevar rodillo nuevo a la máquina	NAV		X				0:01:32
	Colocar buje de polea	AV	X					0:09:00
	Retirar repuestos del gabinete	NAV	X					0:00:40
	Llevar cajas al taller	NAV		X				0:00:20
	Extraer vincha y rodamiento	AV	X					0:01:15
	Colocar nuevo rodamiento y vinchas en las bridas	AV	X					0:02:20
	Llevar las bridas a la máquina	NAV		X				0:00:32
	Limpiar rodillo sanfonador nuevo	NAV	X					0:00:25
	Colocar faja en rodillo para poder subirlo	AV	X					0:01:12
	Ingresar rodillo debajo la máquina	AV	X					0:02:12
	Ingresar eje en el lado lateral derecho de la máquina	AV	X					0:02:00
	Ingresar eje en el lado lateral izquierdo de la máquina	AV	X					0:04:00
	Colocar bridas de ambas caras laterales de la máquina	AV	X					0:15:30
	Colocar soporte y banda del rodillo	AV	X					0:03:29
	Calibración del rodillo	AV	X					0:02:30
	LIMPIEZA	Recoger las herramientas utilizadas	NAV	X				
Limpiar el área		AV	X					0:03:00
Llevar herramientas al taller mecánico		NAV		X				0:00:41
<b>HORAS TOTALES DE CAMBIO</b>								<b>1:27:40</b>

**Figura C. 1. Diagrama de flujo OTIDA**

## APÉNDICE D

### CONTROL DE CALIBRACIÓN DE PRESIÓN DEL RODILLO SANFONAFOR

Se elaboró una tabla de control para la calibración de la presión del rodillo sanfonador, para registrar los cambios de presión en su última calibración.

Calibración de presión del rodillo sanfonador				
	Día	Distancia (mm)		Responsable
		Derecha	Izquierda	
1	18/1/2023	22,1	22,1	Técnico de mantenimiento
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Figura D. 1. Tabla de control para la calibración de presión del rodillo

## APÉNDICE E

### CONTROL DE REPUESTOS DEL RODILLO SANFONAFOR

Se elaboró una tabla de control de repuestos para el rodillo sanfonador donde se aprecia el día que ha sido retirado el repuesto, el nombre, el código y la cantidad de repuestos que han sido sacados del gabinete, así como también el nombre de la persona que los ha necesitado.

Control de repuestos (Rodillo sanfonador)					
	Día	Nombre del repuesto	Código	Cantidad	Solicitante
1	18/1/2023	Rodamiento	62207	2	Lideres del proyecto (Alejandro Padilla & Daniela Ullauri)
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Figura E. 1. Control de repuestos del rodillo sanfonador